

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **2001302330 A**

(43) Date of publication of application: **31.10.01**

(51) Int. Cl. **C04B 35/00**
H01L 21/3065
H01L 21/66

(21) Application number: **2000121938**

(22) Date of filing: **24.04.00**

(71) Applicant: **IBIDEN CO LTD**

(72) Inventor: **HIRAMATSU YASUJI**
ITO YASUTAKA

(54) **CERAMIC SUBSTRATE**

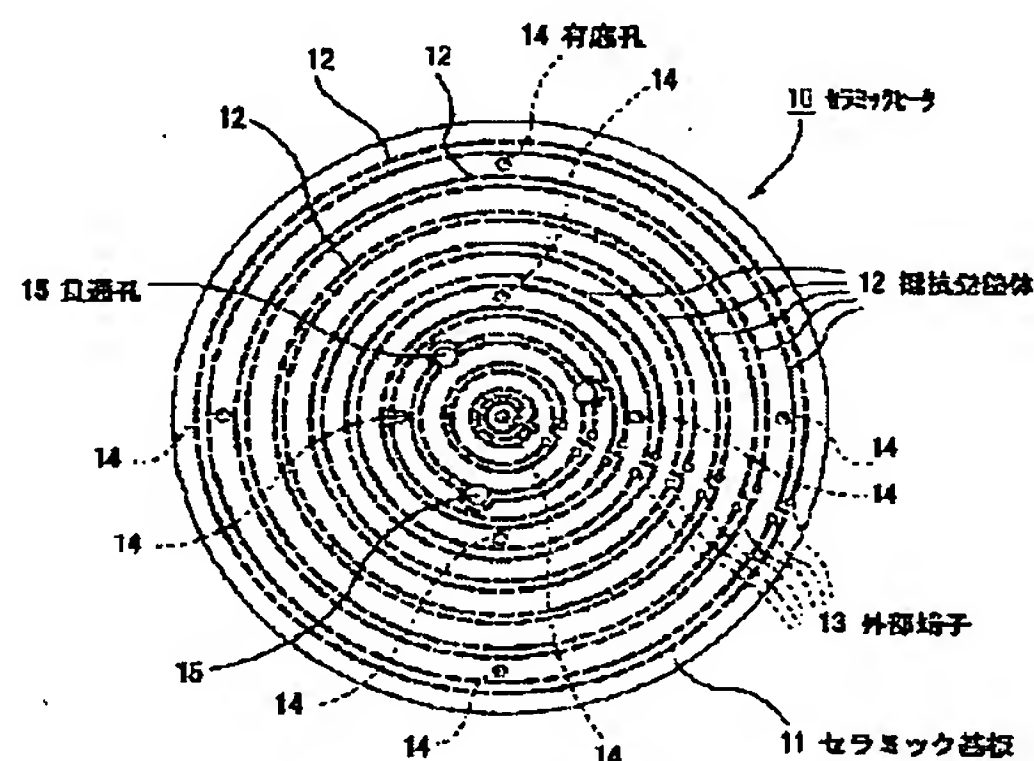
thickness (t2).

(57) Abstract:

COPYRIGHT: (C)2001,JPO

PROBLEM TO BE SOLVED: To provide a ceramic substrate in which problems such as cracks and warpage are inhibited from being caused even when the substrate temperature is rapidly elevated or lowered, and which, when used as an electrostatic chuck, is capable of eliminating any variation in electrostatic-chucking force of the chuck attraction surface with position on the surface and also, when used as a hot plate, is capable of eliminating any variation in temperature of the wafer treated surface with position on the surface and further, when used as a wafer prober, is effective in eliminating any variation in applied voltage to a ground electrode or guard electrode and removing any stray capacitor or noise.

SOLUTION: This ceramic substrate is provided with a conductor layer placed on the surface of or within the substrate, wherein the ratio (t2/t1) of the average thickness (t2) of the conductor layer to the average thickness (t1) of the ceramic substrate is adjusted to <0.1 and the maximum deviation of thickness of the conductor layer from its average thickness (t2) is adjusted to a value within the range of -70 to +150% of the average



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号
特開2001-302330
(P2001-302330A)

(43)公開日 平成13年10月31日(2001. 10. 31)

(51)Int.Cl. ⁷	識別記号	F I	テ-マ-ト*(参考)
C 0 4 B	35/00	H 0 1 L 21/66	B 4 G 0 3 0
H 0 1 L	21/3065	C 0 4 B 35/00	H 4 M 1 0 6
	21/66	H 0 1 L 21/302	B 5 F 0 0 4

審査請求 有 請求項の数 6 O L (全 20 頁)

(21)出願番号 特願2000-121938(P2000-121938)

(22)出願日 平成12年4月24日(2000. 4. 24)

(71)出願人 000000158
イビデン株式会社
岐阜県大垣市神田町2丁目1番地
(72)発明者 平松 靖二
岐阜県揖斐郡揖斐川町北方1-1 イビデ
ン株式会社内
(72)発明者 伊藤 康隆
岐阜県揖斐郡揖斐川町北方1-1 イビデ
ン株式会社内
(74)代理人 100086586
弁理士 安富 康男 (外2名)

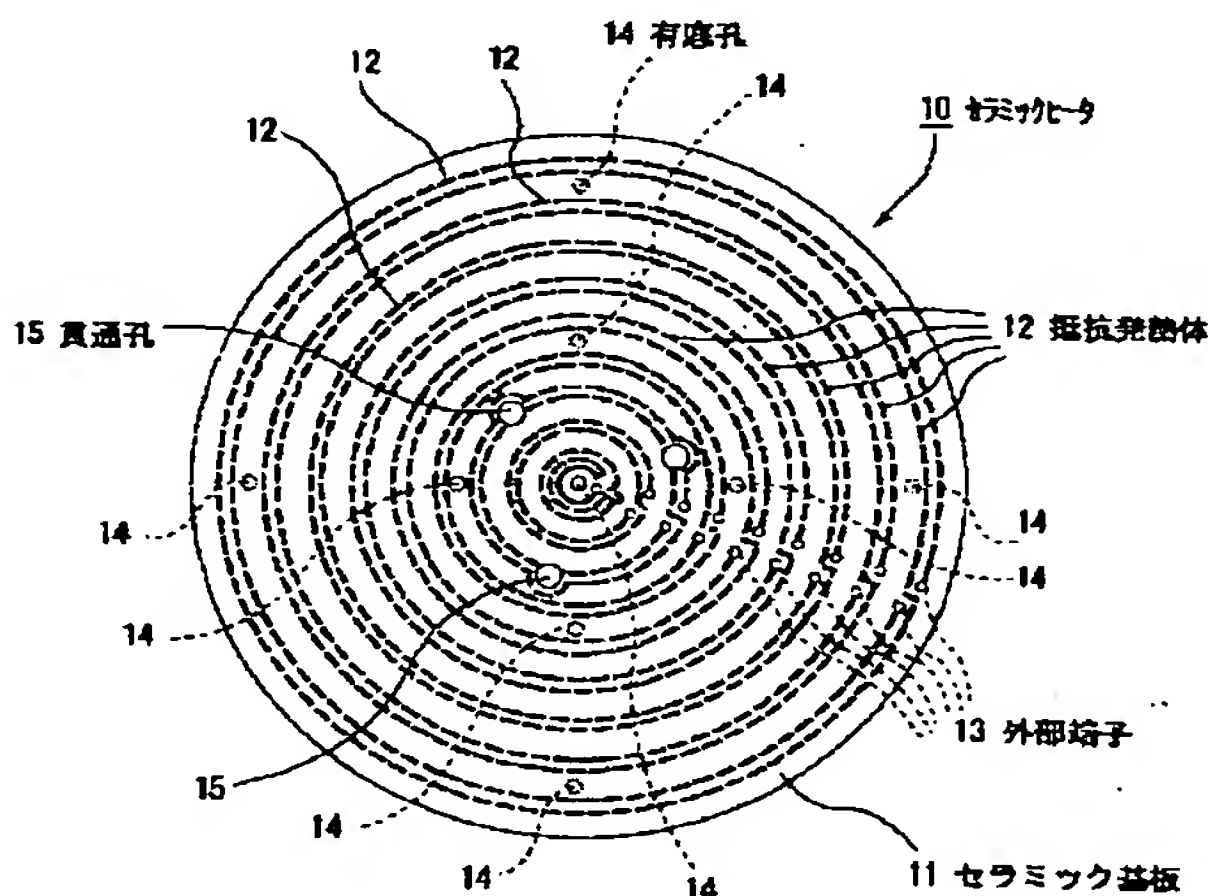
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 セラミック基板

(57)【要約】

【課題】 急速な昇温や降温を行っても、セラミック基板の割れや反り等の問題が発生せず、セラミック基板が静電チャックを構成するセラミック基板である場合、チャック力に場所によるばらつきがなくなり、セラミック基板がホットプレートを構成するセラミック基板である場合、ウエハ処理面の温度の場所によるばらつきがなくなり、セラミック基板がウエハプローバを構成するセラミック基板である場合、ガード電極やグランド電極への印加電圧のばらつきがなくなり、ストレイキャパシタやノイズを除去することができるセラミック基板を提供する。

【解決手段】 その表面または内部に導体層を配設してなるセラミック基板において、前記セラミック基板の平均厚さ(t_1)に対する導体層の平均厚さ(t_2)の比(t_2/t_1)は、0.1未満であり、導体層の平均厚さに対する厚さのばらつきが-70~+150%の範囲にあることを特徴とするセラミック基板。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 セラミック基板の表面または内部に導体層を配設してなるセラミック基板において、前記セラミック基板の平均厚さ（ t_1 ）に対する導体層の平均厚さ（ t_2 ）の比（ t_2/t_1 ）は、0.1未満であり、導体層の平均厚さに対する厚さのばらつきが $-70\sim+150\%$ の範囲にあることを特徴とするセラミック基板。

【請求項2】 前記セラミック基板は、直径150mmを超える円板状のものである請求項1に記載のセラミック基板。

【請求項3】 前記セラミック基板は、厚さが25mm以下である請求項1または2に記載のセラミック基板。

【請求項4】 前記導体層は、静電電極である請求項1～3のいずれか1に記載のセラミック基板。

【請求項5】 前記導体層は、抵抗発熱体である請求項1～4のいずれか1に記載のセラミック基板。

【請求項6】 前記導体層は、チャックトップ電極、ガード電極およびグランド電極のうちのいずれかである請求項1～5のいずれか1に記載のセラミック基板。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、主に半導体産業において使用されるセラミック基板に関し、特に、ホットプレート、静電チャック、ウエハプローバ等に好適なセラミック基板に関する。

【0002】

【従来の技術】半導体は種々の産業において必要とされる極めて重要な製品であり、半導体チップは、例えば、シリコン単結晶を所定の厚さにスライスしてシリコンウエハを作製した後、このシリコンウエハに複数の集積回路等を形成することにより製造される。

【0003】この半導体チップの製造工程においては、静電チャック上に載置したシリコンウエハに、エッチング、CVD等の種々の処理を施し、導体回路や素子等を形成する。その際に、デポジション用ガス、エッチング用ガス等として腐食性のガスを使用するため、これらのガスによる腐食から静電電極層を保護する必要があるため、また、吸着力を誘起する必要があるため、静電電極層は、通常、セラミック誘電体膜等により被覆されている。

【0004】このセラミック誘電体膜として、従来から窒化物セラミックが使用されており、例えば、特開平5-8140号公報には、窒化アルミニウム等の窒化物を使用した静電チャックが開示されている。また、特開平9-48668号公報には、Al-O-N構造を持つカーボン含有窒化アルミニウムが開示されている。また、このような静電チャックの製法は、特公平6-97677号公報などに開示されている。

【0005】このようなセラミック製の静電チャックは、特開昭62-264638号公報、特開昭60-2

61377号公報などに記載されているようにグリーンシートを積層して積層体を作製した後、焼成することによりセラミックを製造する、所謂グリーンシート法により製造されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】ところが、上記グリーンシート法で製造されたセラミックを使用した静電チャックでは、チャック力にばらつきがあり、セラミックヒータでも、ウエハ処理面に温度のばらつきがみられ、さらに、ウエハプローバにおいても、ガード電極やグランド電極の印加電圧にばらつきがみられるという問題があることがわかった。

【0007】本発明は、上記課題を解決するためになされたものであり、その内部に静電電極が埋設されたセラミック基板（静電チャック）においては、チャック力にばらつきがなく、その表面や内部に抵抗発熱体が配設されたセラミック基板（ホットプレート）においては、ウエハ処理面の各場所における温度差がなく、半導体ウエハ等の被加熱物を均一に加熱することができ、さらに、その内部にガード電極やグランド電極が形成されたウエハプローバ（セラミック基板）では、ガード電極やグランド電極の印加電圧にばらつきがなく、ストレイキャパシタやノイズを確実に除去することができるセラミック基板を提供することを目的とする。

【0008】

【課題を解決するための手段】本発明者らは、上記目的の下、上記した問題が発生する理由について解析を行ったところ、形成された導体層に厚さのばらつきが存在し、その厚さのばらつきに起因してチャック力のばらつき、ウエハ処理面の温度のばらつき、電極への印加電圧のばらつきが発生することを見出した。

【0009】そして、成形体を作製する際に用いるグリーンシートの厚さのばらつきやグリーンシート表面の粗度を所定の範囲内に調整したり、金属箔等を用いて導体層を形成する場合には、金属箔等の厚さを均一にすること等により、製造されるセラミック基板の導体層に、場所による厚さのばらつきが少なくなり、その結果、静電チャックを製造した場合には、チャック力に場所によるばらつきがなくなり、ホットプレートを製造した場合には、ウエハ処理面の場所による温度のばらつきがなくなり、ウエハプローバを製造した場合には、ガード電極やグランド電極の印加電圧にばらつきがなくなることを突き止めた。

【0010】また、上述した問題のほか、ホットプレート、静電チャック、ウエハプローバは、スループットの早くするため、急速な昇温・降温が要求されるが、このような急激な温度変化で、通常、セラミック基板が割れたり、反ったりしやすいという問題があった。

【0011】しかしながら、このような問題も、導体層の厚さのばらつきや、セラミック基板の厚さと導体層の

厚さとの比を調節することにより解決することができることを見出し、本発明を完成させたものである。

【0012】すなわち、本発明のセラミック基板は、セラミック基板の表面または内部に導体層を配設してなるセラミック基板において、上記セラミック基板の平均厚さ(t_1)に対する導体層の平均厚さ(t_2)の比(t_2/t_1)は、0.1未満であり、導体層の平均厚さに対する厚さのばらつきが $-70\sim+150\%$ の範囲にあることを特徴とする。

【0013】上記セラミック基板において、該セラミック基板は、直径150mmを超える円板状のものが好ましく、その厚さは、25mm以下であることが好ましい。

【0014】また、上記セラミック基板において、上記導体層が静電電極で、このセラミック基板が静電チャックとして機能することが望ましい。また、上記セラミック基板において、上記導体層が抵抗発熱体で、このセラミック基板がホットプレートとして機能することが望ましい。

【0015】さらに、上記セラミック基板において、上記導体層がチャックトップ電極、ガード電極、グランド電極のいずれかで、このセラミック基板がウエハプローバとして機能することが望ましい。

【0016】従来の静電チャックやセラミックヒータでは、図15に示したように、厚さのばらつきが大きい、または、表面の粗度が大きいグリーンシート91を使用するため、結局、導体層の厚さがセラミック基板の厚さに対して極端に大きくなったりし、急速な昇温を行った場合に、反りやクラックを発生させてしまうという問題があった。

【0017】また、ホットプレートとして使用すると、ウエハ処理面において場所による温度差が大きくなり、静電チャックとして使用すると、吸着力にばらつきが発生し、ウエハプローバとして使用すると、印加電圧にばらつきが生じる等の問題があった。

【0018】このような傾向は、直径が150mmを超える円板状体のものとなると特に顕著になる。特開昭62-264638号公報、特開昭60-261377号公報の出願当時は、直径150mm程度の直径の小さいものしか市場要求がなかったため、チャック力のばらつきやウエハ処理面の温度差などは殆ど問題とならなかったと考えられる。また、使用しているグリーンシートも、その厚さが50~150 μ m程度であり、グリーンシートの厚さにムラがあったとしても大きな問題にはならなかった。

【0019】本発明では、セラミック基板の平均厚さ(t_1)に対する導体層の平均厚さ(t_2)の比(t_2/t_1)が0.1未満であり、導体層の平均厚さに対する厚さのばらつきが $-70\sim+150\%$ の範囲になるように調整している。

【0020】ばらつき自体は、小さい方がよいが、導体ペーストやグリーンシート等の乾燥でばらつきが発生してしまうため、完全に0にすることはできない。そこで、このようなばらつきがあり、そのばらつきが完全に0にならなくても、導体層とセラミック基板との厚さを調整することにより、急速な昇温を行った場合にも、反りやクラックが発生するという問題を抑制することができる。

【0021】また、特に、セラミック基板をヒータ(ホットプレート)として使用する場合、セラミック基板の平均厚さ(t_1)に対する導体層の平均厚さ(t_2)の比(t_2/t_1)が0.1未満であるということは、セラミック基板の厚さが抵抗発熱体の厚さに対して大きくなるということであり、抵抗発熱体の厚さのばらつきにより、抵抗発熱体の発熱量に多少のばらつきが生じたとしても、セラミック基板の内部を伝搬する間に拡散し、ウエハ処理面の温度が均一化される。ただし、熱容量が大きくなりすぎると温度制御性が低下するため、厚さは25mm以下が好ましい。また、抵抗発熱体の厚さのばらつきが $-70\sim+150\%$ の範囲を超えるとウエハ処理面の温度の均一化が困難となる。

【0022】また、セラミック基板を静電チャックとして使用する場合、セラミック基板の平均厚さ(t_1)に対する導体層の平均厚さ(t_2)の比(t_2/t_1)が0.1未満であるということは、電極の厚さをセラミック基板の厚さに対して小さくすることであり、導体層の側面の面積が小さくなるため隣接する導体層間での高温におけるリーク電流を小さくすることができる。このため、電極の平均厚さに対する厚さのばらつきを $-70\sim+150\%$ の範囲に調節することで、みかけの抵抗値のばらつきを小さくすることができる。その結果、高温でのチャック力のばらつきを小さくすることができる。

【0023】また、セラミック基板をウエハプローバとして使用する場合、セラミック基板の平均厚さ(t_1)に対する導体層の平均厚さ(t_2)の比(t_2/t_1)が0.1未満であるということは、電極厚さをセラミック基板の厚さに対して小さくすることであり、導体層の側面の面積が小さくなるため、隣接する導体層間の高温におけるリーク電流を小さくすることができる。このため、電極の平均厚さに対する厚さのばらつきを $-70\sim+150\%$ の範囲に調節することで、みかけの抵抗値のばらつきを小さくすることができる。その結果、ガード電極やグランド電極に印加する電圧のばらつきを小さくすることができ、ノイズの発生を低減することができる。上記導体層は、その平均の厚さに対する厚さのばらつきが $-30\sim+30\%$ の範囲にあることが望ましい。

【0024】なお、特開平11-251040号公報では、抵抗発熱体の厚みのばらつきが $\pm 10\%$ のヒータを開示するが、セラミック基板の厚さについては記載され

ていない。本発明のようなセラミック基板の厚さと抵抗発熱体の厚さが特定の範囲にある場合に、反りやクラックがないという効果などは想起され得ず、このような引例から本発明の特許性は阻却されないことを付記しておく。

【0025】具体的には、グリーンシートを用いてセラミック基板を製造する場合には、グリーンシート厚さのばらつきが平均の厚さに対して $-10\sim+10\%$ の範囲にあるか、グリーンシート表面の粗度が R_{max} で $200\mu m$ 以下のグリーンシートを用いることが望ましい。なお、グリーンシート厚さのばらつきが平均の厚さに対して $-10\sim+10\%$ の範囲にあっても、グリーンシート表面の粗度が R_{max} で $200\mu m$ を超える場合には、上記粗度を R_{max} で $200\mu m$ 以内に調節することが望ましい。

【0026】また、金属箔等の板状体またはフィルム状体を用いる場合には、金属箔等は、その平均の厚さに対する厚さのばらつきが $-10\sim+10\%$ のものが望ましい。以上、セラミック基板に導体層を設ける方法について説明してきたが、本発明のセラミック基板に導体層を設ける方法については、上記方法に限定されるものではなく、結果的に、形成された導体層の平均の厚さに対する厚さのばらつきが $-70\sim+150\%$ の範囲にあればよい。

【0027】上記静電チャックのチャック力の場所によるばらつきは、吸着された半導体ウエハの表面温度をサーモビュアで測定することにより、判断することができる。静電チャックの吸着面に半導体ウエハが強く吸着していれば、その部分の温度が高くなるため、半導体ウエハの温度分布がチャック力のばらつきを反映するからである。

【0028】また、複数に分割した半導体ウエハを載置し、各区画の半導体ウエハの吸着力をロードセルにより測定し、ばらつきを測定することも可能である。下記の実施例では、上記した両方の方法を採用した。

【0029】上記抵抗発熱体の場所による発熱量のばらつきは、セラミック基板の表面の温度やウエハ処理面に載置した半導体ウエハの表面温度をサーモビュアで測定することにより、判断することができる。抵抗発熱体の場所による発熱量のばらつきも、ウエハ処理面の温度分布に反映されるからである。この場合には、セラミック基板内に抵抗発熱体のみを設けておき、半導体ウエハの温度分布を観測すればよい。

【0030】また、ウエハプローバの場合には、ガード電極やグランド電極の印加電圧のばらつきを直接測定することができないため、市販のウエハプローバで良品と判断されたシリコンウエハを用い、導通試験を行って、このシリコンウエハが良品と判断されれば、ばらつきが小さいと考えるべきである。

【0031】次に、本発明のセラミック基板の構造およ

びセラミック基板を構成する材料等について説明する。本発明のセラミック基板は、 $100^{\circ}C$ 以上で使用されることが好ましく、 $200^{\circ}C$ 以上で使用されるのが最も好ましい。

【0032】上記セラミック基板は、最大気孔の気孔径が $50\mu m$ 以下であることが望ましく、気孔率は 5% 以下が望ましい。また、上記セラミック基板には、気孔が全く存在しないか、気孔が存在する場合は、その最大気孔の気孔径は、 $50\mu m$ 以下であることが望ましい。

【0033】気孔が存在しない場合は、高温での耐電圧が特に高くなり、逆にある程度の気孔が存在する場合は、破壊靱性値がより高くなる。このためどちらの設計にするかは、要求特性によって変わるのである。気孔の存在によって破壊靱性値がより高くなる理由が明確ではないが、クラックの進展が気孔によって止められるからであると推定している。

【0034】本発明で、最大気孔の気孔径が $50\mu m$ 以下であることが望ましいのは、気孔径が $50\mu m$ を超えると高温、特に $200^{\circ}C$ 以上での耐電圧特性を確保するのが難しくなるからである。最大気孔の気孔径は、 $10\mu m$ 以下が望ましい。 $200^{\circ}C$ 以上での反り量が小さくなるからである。

【0035】気孔率や最大気孔の気孔径は、焼結時の加圧時間、圧力、温度、SiCやBNなどの添加物で調整することができる。上述のように、SiCやBNは焼結を阻害するため、気孔を導入させることができる。

【0036】最大気孔の気孔径を測定する際には、試料を5個用意し、その表面を鏡面研磨し、 $2000\sim5000$ 倍の倍率で表面を電子顕微鏡で10箇所撮影する。そして、撮影された写真で最大の気孔径を選び、50ショットの平均を最大気孔の気孔径とする。

【0037】気孔率は、アルキメデス法により測定する。焼結体を粉碎して有機溶媒中あるいは水銀中に粉碎物を入れて体積を測定し、粉碎物の重量と体積から真比重を求め、真比重と見かけの比重から気孔率を計算するのである。

【0038】上記セラミック基板の直径は $200mm$ 以上が望ましい。特に12インチ($300mm$)以上であることが望ましい。直径が $150mm$ を超えるような大きな基板では、上述したように、静電電極や抵抗発熱体の厚さを、その平均の厚さに対する厚さのばらつきが $-50\sim+50\%$ の範囲となるようにしないと、チャック力のばらつきによって、加熱した半導体ウエハの温度のばらつきが大きくなってしまう。また、セラミック基板の熱容量が大きくなり、ウエハ処理面の温度が不均一になる。逆に言えば、直径 $150mm$ 程度の基板であれば、チャック力が多少ばらついても半導体ウエハも小さいため、表面温度は均一になる。また、抵抗発熱体の抵抗値が多少ばらついても、セラミック基板の熱容量は小さいため、昇温しやすく、温度が比較的均一になりやす

い。

【0039】上記セラミック基板の厚さは、50mm以下が望ましく、特に25mm以下が望ましい。セラミック基板の厚さが25mmを超えると、セラミック基板の熱容量が大きすぎる場合があり、特に、温度制御手段を設けて加熱、冷却すると、熱容量の大きさに起因して温度追従性が低下してしまう場合があるからである。セラミック基板の厚さは、1.5mmを超え、5mm以下が最適である。セラミック基板の厚さが1.5mm以下の場合には、直径が150mmを超えるような大きなセラミック基板では、反り量が大きくなり、実用性に乏しい。

【0040】また、セラミック基板の平均厚さ(t_1)に対する導体層の平均厚さ(t_2)の比(t_2/t_1)は、0.1未満に調整する。 t_2/t_1 は、0.01未満がさらに好適である。セラミック基板の厚さに対して導体層の厚さが小さいほど、割れや反りが少なく、高温でのリーク電流が小さく、また、ウエハ処理面の温度のばらつきが小さくなるからである。

【0041】セラミック基板を構成するセラミック材料は特に限定されず、例えば、窒化物セラミック、炭化物セラミック、酸化物セラミック等が挙げられる。

【0042】上記窒化物セラミックとしては、金属窒化物セラミック、例えば、窒化アルミニウム、窒化ケイ素、窒化ホウ素等が挙げられる。また、上記炭化物セラミックとしては、金属炭化物セラミック、例えば、炭化ケイ素、炭化ジルコニウム、炭化タンタル、炭化タングステン等が挙げられる。

【0043】上記酸化物セラミックとしては、金属酸化物セラミック、例えば、アルミナ、ジルコニア、コージェライト、ムライト、ベリリア等が挙げられる。これらのセラミックは単独で用いてもよく、2種以上を併用してもよい。

【0044】これらのセラミックの中では、窒化物セラミック、酸化物セラミックが好ましい。また、窒化物セラミックの中では窒化アルミニウムが最も好適である。製造したセラミック基板の熱伝導率が180W/m・Kと最も高いからである。

【0045】上記セラミック基板は、0.05～10重量%の酸素を含有していることが望ましい。酸素を粒界に偏析させることにより、破壊靱性値を改善することができるからである。酸素含有量が0.05重量%未満では、焼結が進まず気孔率が高くなり、また熱伝導率が低下し、逆に、酸素量が10重量%を超えると、粒界の酸素の量が多すぎるため、熱伝導率が低下して昇温降温特性が低下するからである。

【0046】上記セラミック基板に酸素を含有させるためには、上記したように、原料粉末を酸化性雰囲気で焼成するか、または、原料粉末中に金属酸化物を混合して焼成を行う。上記金属酸化物としては、例えば、イット

リヤ(Y_2O_3)、アルミナ(Al_2O_3)、酸化ルビジウム(Rb_2O)、酸化リチウム(Li_2O)、炭酸カルシウム($CaCO_3$)等が挙げられる。これらの金属酸化物の含有量は、0.1～20重量%が好ましい。

【0047】本発明では、セラミック基板中に5～5000ppmのカーボンを含有していることが望ましい。カーボンを含有させることにより、セラミック基板を黒色化することができ、ヒータとして使用する際に輻射熱を充分に利用することができるからである。カーボンは、非晶質のものであっても、結晶質のものであってもよい。非晶質のカーボンを使用した場合には、高温における体積抵抗率の低下を防止することができ、結晶質のものを使用した場合には、高温における熱伝導率の低下を防止することができるからである。従って、用途によっては、結晶質のカーボンと非晶質のカーボンの両方を併用してもよい。また、カーボンの含有量は、50～2000ppmがより好ましい。

【0048】セラミック基板にカーボンを含有させる場合には、その明度がJIS Z 8721の規定に基づく値でN4以下となるようにカーボンを含有させることが望ましい。この程度の明度を有するものが輻射熱量、隠蔽性に優れるからである。

【0049】ここで、明度のNは、理想的な黒の明度を0とし、理想的な白の明度を10とし、これらの黒の明度と白の明度との間で、その色の明るさの知覚が等歩度となるように各色を10分割し、N0～N10の記号で表示したものである。実際の明度の測定は、N0～N10に対応する色票と比較して行う。この場合の小数点1位は0または5とする。

【0050】

【発明の実施の形態】本発明のセラミック基板は、セラミック基板の表面または内部に導体層を配設してなるセラミック基板において、上記セラミック基板の平均厚さ(t_1)に対する導体層の平均厚さ(t_2)の比(t_2/t_1)は、0.1未満であり、導体層の平均厚さに対する厚さのばらつきが-70～+150%の範囲にあることを特徴とする。

【0051】本発明のセラミック基板は、半導体の製造や半導体の検査を行うための装置に用いられるセラミック基板であり、具体的な装置としては、例えば、静電チャック、ホットプレート(セラミックヒータ)、ウエハプローバ等が挙げられる。

【0052】上記セラミック基板の内部に形成された導電体が抵抗発熱体である場合には、セラミックヒータ(ホットプレート)として使用することができる。図1は、本発明のセラミック基板の一実施形態であるセラミックヒータの一例を模式的に示す平面図であり、図2は、図1に示したセラミックヒータの一部を示す部分拡大断面図である。

【0053】セラミック基板11は、円板形状に形成さ

れており、セラミック基板11の内部には、温度制御手段としての抵抗発熱体12が同心円状のパターンに形成されている。また、これら抵抗発熱体12は、互いに近い二重の同心円同士が1組の回路として、1本の線になるように接続され、その回路の両端部に入出力の端子となる外部端子13がスルーホール19を介して接続されている。

【0054】また、図2に示すように、セラミック基板11には貫通孔15が設けられ、この貫通孔15に支持ピン26が挿通され、シリコンウエハ9が保持されている。この支持ピン26を上下することにより、搬送機からシリコンウエハ9を受け取ったり、シリコンウエハ9をセラミック基板11のウエハ処理面11a上に載置して加熱したり、シリコンウエハ9をウエハ処理面11aから50～2000 μ m程度の距離離間させた状態で支持し、加熱したりすることができる。また、セラミック基板11の底面11aには、熱電対等の測温素子を挿入するための有底孔14が設けられている。そして、抵抗発熱体12に通電すると、セラミック基板11は加熱され、これによりシリコンウエハ等の被加熱物の加熱を行うことができる。

【0055】抵抗発熱体は、セラミック基板の内部に設けてもよく、セラミック基板の底面に設けてもよい。抵抗発熱体を設ける場合は、セラミック基板を嵌め込む支持容器に、冷却手段としてエアー等の冷媒の吹きつけ口などを設けてもよい。抵抗発熱体をセラミック基板の内部に設ける場合には、複数層設けてもよい。この場合は、各層のパターンは相互に補完するように形成されて、ウエハ処理面からみるとどこかの層にパターンが形成された状態が望ましい。例えば、互いに千鳥の配置になっている構造である。抵抗発熱体のセラミック基板の表面に設ける場合には、セラミック基板を製造した後、その表面に導体ペースト層を形成し、焼成することにより、抵抗発熱体とする。この場合には、導体ペーストを塗布するセラミック基板の粗度を調整する。

【0056】上記セラミック基板の内部に形成された導電体が静電電極層である場合には、上記セラミック基板は、静電チャックとして使用することができる。この場合、RF電極や発熱体が静電電極の下部であって、セラミック基板内に導電体として形成されていてもよい。図3は、本発明に係る静電チャックの一実施形態を模式的に示した縦断面図であり、図4は、図3に示した静電チャックにおけるA-A線断面図である。

【0057】この静電チャック101では、円板形状のセラミック基板1の内部に、チャック正極静電層2とチャック負極静電層3とからなる静電電極層が埋設されており、この静電電極層の上に薄いセラミック層4（以下、セラミック誘電体膜という）が形成されている。また、静電チャック101上には、シリコンウエハ9が載置され、接地されている。

【0058】図4に示したように、チャック正極静電層2は、半円弧状部2aと櫛歯部2bとからなり、チャック負極静電層3も、同じく半円弧状部3aと櫛歯部3bとからなり、これらのチャック正極静電層2とチャック負極静電層3とは、櫛歯部2b、3bを交差するように対向して配置されており、このチャック正極静電層2およびチャック負極静電層3には、それぞれ直流電源の+側と-側とが接続され、直流電圧 V_2 が印加されるようになっている。

【0059】また、セラミック基板1の内部には、シリコンウエハ9の温度をコントロールするために、図1に示したような平面視同心円形状の抵抗発熱体5が設けられており、抵抗発熱体5の両端には、外部端子が接続、固定され、電圧 V_1 が印加されるようになっている。図3、4には示していないが、このセラミック基板1には、図1、2に示したように、測温素子を挿入するための有底孔とシリコンウエハ9を支持して上下させる支持ピン（図示せず）を挿通するための貫通孔とが形成されている。なお、抵抗発熱体は、セラミック基板の底面に形成されていてもよい。

【0060】この静電チャック101を機能させる際には、チャック正極静電層2とチャック負極静電層3とに直流電圧 V_2 を印加する。これにより、シリコンウエハ9は、チャック正極静電層2とチャック負極静電層3との静電的な作用によりこれらの電極にセラミック誘電体膜4を介して吸着され、固定されることとなる。このようにしてシリコンウエハ9を静電チャック101上に固定させた後、このシリコンウエハ9に、CVD等の種々の処理を施す。

【0061】上記静電チャック101では、セラミック誘電体膜4は、酸素を含有する窒化物セラミックからなり、また、気孔率が5%以下であり、最大の気孔径が5 μ m以下であることが望ましい。また、このセラミック誘電体膜4中の気孔は、お互いに独立した気孔により構成されていることが望ましい。

【0062】温度制御手段としては、抵抗発熱体12のほかに、ペルチェ素子（図7参照）が挙げられる。温度制御手段としてペルチェ素子を使用する場合は、電流の流れる方向を変えることにより発熱、冷却両方行うことができるため有利である。ペルチェ素子8は、図7に示すように、p型、n型の熱電素子81を直列に接続し、これをセラミック板82などに接合させることにより形成される。ペルチェ素子としては、例えば、シリコン・ゲルマニウム系、ビスマス・アンチモン系、鉛・テルル系材料等が挙げられる。

【0063】本発明の静電チャックは、例えば、図3、4に示したような構成を有するものである。セラミック基板の材料等については、既に説明したが、以下においては、その他の上記静電チャックを構成する各部材、および、本発明の静電チャックの他の実施形態について、

順次、詳細に説明する。

【0064】本発明の静電チャックで使用するセラミック誘電体膜は、窒化物セラミックからなることが好ましい。上記窒化物セラミックとしては、上記セラミック基板と同様のものが挙げられる。上記窒化物セラミックは、酸素を含有していることが望ましい。この場合、窒化物セラミックは、焼結が進行しやすくなり、気孔を含んでいる場合にも、この気孔は独立した気孔となり、耐電圧が向上する。

【0065】上記窒化物セラミックに酸素を含有させるため、通常、窒化物セラミックの原料粉末中に金属酸化物を混合して焼成を行う。上記金属酸化物としては、アルミナ (Al_2O_3)、酸化珪素 (SiO_2) 等が挙げられる。これらの金属酸化物の添加量は、窒化物セラミック100重量部に対して、0.1～10重量部が好ましい。

【0066】セラミック誘電体膜の厚さを、50～5000 μm とすることで、チャック力を低下させずに十分な耐電圧を確保することができる。上記セラミック誘電体膜の厚さが50 μm 未満であると、膜厚が薄すぎるために十分な耐電圧が得られず、シリコンウエハを載置し、吸着した際にセラミック誘電体膜が絶縁破壊する場合があり、一方、上記セラミック誘電体膜の厚さが5000 μm を超えると、シリコンウエハと静電電極との距離が遠くなるため、シリコンウエハを吸着する能力が低くなってしまう。セラミック誘電体膜の厚さは、100～1500 μm が好ましい。

【0067】上記セラミック誘電体膜の気孔率は、5%以下、最大気孔の気孔径は、5 μm 以下が好ましい。また、上記気孔率が5%を超えると、気孔数が増え、また、気孔径が大きくなりすぎ、その結果、気孔同士が連通しやすくなる。このような構造のセラミック誘電体膜では、耐電圧が低下してしまう。さらに、最大気孔の気孔径が5 μm を超えると、気孔の数を少なくしても、高温での耐電圧を確保できず、熱伝導率も高くすることは難しい。気孔率は、0.01～3%が好ましく、最大気孔の気孔径は、0.1～10 μm が好ましい。

【0068】上記セラミック誘電体膜中には、カーボンが50～5000 ppm含有されていることが望ましい。静電チャック中に設けられた電極パターンを隠蔽することができ、かつ、高輻射熱が得られるからである。また、体積抵抗率が低い方が、低温域においては、シリコンウエハの吸着能力が高くなる。

【0069】なお、本発明で、セラミック誘電体膜中にある程度の気孔が存在してもよいとしているのは、破壊靱性値を高くすることができるからであり、これにより熱衝撃性を改善することができる。

【0070】上記静電電極としては、例えば、金属または導電性セラミックの焼結体、金属箔等が挙げられる。金属焼結体としては、タングステン、モリブデンから選

ばれる少なくとも1種からなるものが好ましい。金属箔も、金属焼結体と同じ材質からなることが望ましい。これらの金属は比較的酸化しにくく、電極として十分な導電性を有するからである。また、導電性セラミックとしては、タングステン、モリブデンの炭化物から選ばれる少なくとも1種を使用することができる。

【0071】図9および図10は、他の静電チャックにおける静電電極を模式的に示した水平断面図であり、図9に示す静電チャック20では、セラミック基板1の内部に半円形状のチャック正極静電層22とチャック負極静電層23が形成されており、図10に示す静電チャックでは、セラミック基板1の内部に円を4分割した形状のチャック正極静電層32a、32bとチャック負極静電層33a、33bが形成されている。また、2枚の正極静電層22a、22bおよび2枚のチャック負極静電層33a、33bは、それぞれ交差するように形成されている。なお、円形等の電極が分割された形態の電極を形成する場合、その分割数は特に限定されず、5分割以上であってもよく、その形状も扇形に限定されない。

【0072】本発明における静電チャックとしては、例えば、図3に示すように、セラミック基板1とセラミック誘電体膜4との間にチャック正極静電層2とチャック負極静電層3とが設けられ、セラミック基板1の内部には抵抗発熱体5が設けられた構成の静電チャック101、図5に示すように、セラミック基板1とセラミック誘電体膜4との間にチャック正極静電層2とチャック負極静電層3とが設けられ、セラミック基板1の底面に抵抗発熱体25が設けられた構成の静電チャック201、図6に示すように、セラミック基板1とセラミック誘電体膜4との間にチャック正極静電層2とチャック負極静電層3とが設けられ、セラミック基板1の内部に抵抗発熱体である金属線7が埋設された構成の静電チャック301、図7に示すように、セラミック基板1とセラミック誘電体膜4との間にチャック正極静電層2とチャック負極静電層3とが設けられ、セラミック基板1の底面に熱電素子81とセラミック板82からなるペルチェ素子8が形成された構成の静電チャック401等が挙げられる。

【0073】本発明では、図3～7に示したように、セラミック基板1とセラミック誘電体膜4との間にチャック正極静電層2とチャック負極静電層3とが設けられ、セラミック基板1の内部に抵抗発熱体5や金属線7が形成されているため、これらと外部端子とを接続するための接続部（スルーホール）16、17が必要となる。スルーホール16、17は、タングステンペースト、モリブデンペーストなどの高融点金属、タングステンカーバイド、モリブデンカーバイドなどの導電性セラミックを充填することにより形成される。

【0074】また、接続部（スルーホール）16、17の直径は、0.1～10 mmが望ましい。断線を防止し

つつ、クラックや歪みを防止できるからである。このスルーホールを接続パッドとして外部端子6、18を接続する(図8(d)参照)。

【0075】接続は、半田、ろう材により行う。ろう材としては銀ろう、パラジウムろう、アルミニウムろう、金ろうを使用する。金ろうとしては、Au-Ni合金が望ましい。Au-Ni合金は、タングステンとの密着性に優れるからである。

【0076】Au/Niの比率は、[81.5~82.5(重量%)]/[18.5~17.5(重量%)]が望ましい。Au-Ni層の厚さは、0.1~50 μ mが望ましい。接続を確保するに十分な範囲だからである。また、 10^{-6} ~ 10^{-5} Paの高真空で500~1000℃の高温で使用するとAu-Cu合金では劣化するが、Au-Ni合金ではこのような劣化がなく有利である。また、Au-Ni合金中の不純物元素量は全量を100重量部とした場合に1重量部未満であることが望ましい。

【0077】本発明では、必要に応じて、セラミック基板の有底孔に熱電対を埋め込んでおくことができる。熱電対により抵抗発熱体の温度を測定し、そのデータをもとに電圧、電流量を変えて、温度を制御することができるからである。熱電対の金属線の接合部位の大きさは、各金属線の素線径と同一か、もしくは、それよりも大きく、かつ、0.5mm以下がよい。このような構成によって、接合部分の熱容量が小さくなり、温度が正確に、また、迅速に電流値に変換されるのである。このため、温度制御性が向上してウエハのウエハ処理面の温度分布が小さくなるのである。上記熱電対としては、例えば、JIS-C-1602(1980)に挙げられるように、K型、R型、B型、S型、E型、J型、T型熱電対が挙げられる。

【0078】図11は、以上のような構成の本発明の静電チャックを嵌め込むための支持容器41を模式的に示した断面図である。支持容器41には、静電チャック101が断熱材45を介して嵌め込まれるようになっている。また、この支持容器11には、冷媒吹き出し口42が形成されており、冷媒注入口44から冷媒が吹き込まれ、冷媒吹き出し口42を通して吸引口43から外部に出ていくようになっており、この冷媒の作用により、静電チャック101を冷却することができるようになっている。

【0079】次に、本発明のセラミック基板の製造方法として、静電チャックの製造方法を例にとって説明する。なお、抵抗発熱体を有するセラミック基板の製造方法については、後で説明する。

【0080】図8(a)~(d)は、静電チャックを構成するセラミック基板の製造方法の一例を模式的に示した断面図である。

(1) 本発明では、まず、窒化物セラミック、炭化物セ

ラミックなどのセラミックの原料粉末をバインダおよび溶剤と混合して、平均の厚さに対して厚さのばらつきが-10~+10%の範囲にあるか、表面の粗度がRmaxで200 μ m以下のグリーンシート50を作製することが望ましい。平均の厚さに対して厚さのばらつきが-10~+10%の範囲にあっても、表面の粗度がRmaxで200 μ mを超えるグリーンシートについては、表面の粗度をRmaxで200 μ m以下とすることが望ましい。

【0081】グリーンシートを上記のような形状とするのは、グリーンシート表面の凹凸が大きいと、導体ペーストのグリーンシートと接する部分の厚さにムラが生じ、これに起因して導体ペーストの厚さが場所によりばらつく結果、製造される静電チャックの静電電極層の平均の厚さに対する厚さのばらつきが-70~+150%の範囲を超える場合があり、チャック力にばらつきが生じるからである。

【0082】セラミック原料粉末は、例えば、酸化性雰囲気中で焼成することにより、表面に酸化物の層が形成された窒化アルミニウム粉末などであってもよい。

【0083】また、必要に応じて、イットリア、アルミナ、シリカ、イオウ化合物などを焼結助剤や触媒を加えてもよい。原料粉末の平均粒径は、0.1~5 μ mが好ましい。

【0084】最も簡単にグリーンシートの厚さのばらつきやグリーンシート表面の粗度を調整する方法は、乾燥条件の選択である。グリーンシートの粘度が 1×10^4 ~ 4×10^4 cP(10~40Pa \cdot s)である場合、50~200℃で10~60分、最初の乾燥温度を150℃未満の条件で乾燥することにより、グリーンシートの厚さのばらつきを-10~+10%の範囲内に調整することができ、グリーンシート表面の粗度をRmaxで200 μ m以下とすることができる。特に、高温で乾燥させると、内部の溶剤等が急速に揮発するために表面が粗くなり、低温で乾燥させると、表面が滑らかになる。なお、特開平12-21961号公報には、グリーンシート法による静電チャックの製造方法が記載されているが、どのような粘度を持ったグリーンシートを乾燥させるかが記載されておらず、このような公報をもって本発明の特許性が阻却されることはない。

【0085】静電電極層印刷体51が形成されたグリーンシートの上に積層する数枚または1枚のグリーンシート50'は、セラミック誘電体膜4となる層であるので、必要により、セラミック基板とは別の組成としてもよい。

【0086】ただし、通常、セラミック誘電体膜4の原料とセラミック基板1の原料とは、同じものを使用することが望ましい。これらは、一体として焼結することが多いため、焼成条件が同じになるからである。ただし、材料が異なる場合には、まず先にセラミック基板を製造

しておき、その上に静電電極層となる導体ペースト層を形成し、さらにその上にセラミック誘電体膜となるグリーンシートを積層して焼成することもできる。

【0087】また、バインダとしては、アクリル系バインダ、エチルセルロース、ブチルセロソルブ、ポリビニルアルコールから選ばれる少なくとも1種が望ましい。さらに、溶媒としては、 α -テルピネオール、グリコールから選ばれる少なくとも1種が望ましい。

【0088】これらを混合して得られるペーストを、ドクターブレード法等の成形方法を用いてシート状に成形し、グリーンシート50を作製する。このときの乾燥前のグリーンシートの粘度は、 $1 \times 10^4 \sim 4 \times 10^4$ cPが好ましい。グリーンシートをこのような粘度範囲に設定することにより、グリーンシートの厚さのばらつきや表面の粗さの程度を少なくし、上述した範囲にすることができるからである。

【0089】グリーンシートの粘度が 1×10^4 cP未満であると、流動性が大きすぎ、グリーンシートの形状を保つのが難しくなり、一方、グリーンシートの粘度が 4×10^4 cPを超えると、ブレード等を用いてグリーンシートを均一な厚さや所定の値以下の粗度に調整することが困難となる。

【0090】次に、グリーンシート50に、必要に応じて、シリコンウエハの支持ピンを挿入する貫通孔、熱電対を埋め込む凹部、スルーホールを形成する部分等に貫通孔を設けておくことができる。貫通孔は、パンチングなどにより形成することができる。

【0091】これらの貫通孔や凹部等は、グリーンシート積層体を形成した後に設けてもよく、焼結体を形成した後、ドリル等を用いて形成してもよい。グリーンシート50の厚さの平均は、0.1～5mm程度が好ましい。

【0092】次に、グリーンシート50の貫通孔に導体ペーストを充填し、スルーホール印刷体53、54を得、次に、グリーンシート50上に静電電極層や抵抗発熱体となる導体ペーストを印刷する。印刷は、グリーンシート50の収縮率を考慮して所望のアスペクト比が得られるように行い、これにより静電電極層印刷体51、抵抗発熱体層印刷体52を作製する。

【0093】印刷体は、導電性セラミック、金属粒子などを含む導電性ペーストを印刷することにより形成する。静電電極層の形状としては、例えば、図4、図9および図10に示した形状等が挙げられる。

【0094】これらの導電性ペースト中に含まれる導電性セラミック粒子としては、タングステンまたはモリブデンの炭化物が最適である。酸化しにくく、熱伝導率が低下しにくいからである。また、金属粒子としては、例えば、タングステン、モリブデン、白金、ニッケルなどを使用することができる。

【0095】導電性セラミック粒子、金属粒子の平均粒

子径は、0.1～5 μ mが好ましい。これらの粒子は、大きすぎても小さすぎても導体用ペーストを印刷しにくいからである。

【0096】このようなペーストとしては、金属粒子または導電性セラミック粒子85～97重量部、アクリル系、エチルセルロース、ブチルセロソルブおよびポリビニルアルコールから選ばれる少なくとも1種のバインダ1.5～10重量部、 α -テルピネオール、グリコール、エチルアルコールおよびブタノールから選ばれる少なくとも1種の溶媒1.5～10重量部等を混合して調製した導体ペーストが最適である。この場合、調製する導体ペーストの粘度は、 $5 \times 10^4 \sim 50 \times 10^4$ cP (50～500 Pa·s) が好ましい。

【0097】次に、図8(a)に示すように、印刷体51、52、53、54を有するグリーンシート50と、印刷体を有さないグリーンシート50'とを積層する。抵抗発熱体形成側の下面に印刷体を有さないグリーンシート50'を積層するのは、スルーホールの端面が露出して、抵抗発熱体形成の焼成の際に酸化してしまうことを防止するためである。もしスルーホールの端面が露出したまま、抵抗発熱体を形成するための焼成を行うのであれば、ニッケルなどの酸化しにくい金属をスパッタリングしておく必要がある。また、Au-Niの合金からなる金ろうで被覆しておいてもよい。

【0098】(2) 次に、図8(b)に示すように、積層体の加熱および加圧を行い、グリーンシートの積層体を形成する。積層体の加熱温度は、50～300℃が好ましく、加圧の圧力は、20～200 kg/cm² が好ましい。

【0099】この後、グリーンシートおよび導体ペーストを焼結させる。焼成の際の温度は、1000～2000℃、焼成の際の加圧の圧力は100～200 kg/cm² が好ましい。これらの加熱および加圧は、不活性ガス雰囲気下で行う。不活性ガスとしては、アルゴン、窒素などを使用することができる。この焼成工程で、スルーホール16、17、チャック正極静電層2、チャック負極静電層3、抵抗発熱体5等が形成される。

【0100】上記方法により、セラミック基板を製造した後、1400～2000℃でアニール処理を施してもよい。これにより、結晶粒子に含有されていた酸素等の不純物が結晶外に排出され、熱伝導率が改善される。

【0101】(3) 次に、図8(c)に示すように、外部端子接続のための袋孔35、36を設ける。袋孔35、36の内壁は、その少なくともその一部が導電化され、導電化された内壁は、チャック正極静電層2、チャック負極静電層3、抵抗発熱体5等と接続されていることが望ましい。

【0102】(4) 最後に、図8(d)に示すように、袋孔35、36に金ろうを介して外部端子6、18を設ける。さらに、必要に応じて、有底孔を設け、その内部

に熱電対を埋め込むことができる。半田は銀—鉛、鉛—スズ、ビスマス—スズなどの合金を使用することができる。なお、半田層の厚さは、 $0.1 \sim 50 \mu\text{m}$ が望ましい。半田による接続を確保するに十分な範囲だからである。

【0103】このような製造工程を経ることにより、例えば、図3、4に示したような構成からなる静電チャックを製造することができる。得られる静電チャックの静電電極層は、その厚さにばらつきがないため、静電電極全体に均一なチャック力を有する静電チャックとなる。

【0104】上述した静電チャックの製造方法では、静電チャック101（図3、4参照）を例にとったが、静電チャック201（図5参照）を製造する場合は、静電電極層を有するセラミック基板を製造した後、このセラミック基板の底面に導体ペーストを印刷、焼成して抵抗発熱体25を形成し、この後、無電解めっき等により金属被覆層25aを形成すればよい。また、静電チャック301（図6参照）を製造する場合には、抵抗発熱体となる導体ペースト層を形成する代わりに、金属線をグリーンシート上に載置し、そのほかは、静電チャック101の場合とほぼ同様にして静電チャックを製造すればよい。さらに、静電チャック401（図7参照）を製造する場合は、静電電極層を有するセラミック基板を製造した後、このセラミック基板に溶射金属層を介してペルチェ素子を接合すればよい。

【0105】次に、本発明のセラミック基板の一例であるセラミックヒータの製造方法について説明する。上記セラミックヒータの製造方法では、グリーンシートの表面に抵抗発熱体用の導体ペーストを印刷するほかは、上記静電チャックの製造方法とほぼ同様にして、抵抗発熱体を内部に有するセラミックヒータを製造する。従って、ここでは、抵抗発熱体の形成方法についてのみ説明を行うことにする。

【0106】抵抗発熱体は、貴金属（金、銀、白金、パラジウム）、タングステン、モリブデン、ニッケル等の金属、または、タングステン、モリブデンの炭化物等の導電性セラミックからなるものであることが望ましい。抵抗値を高くすることが可能となり、断線等を防止する目的で厚み自体を厚くすることができるとともに、酸化しにくく、熱伝導率が低下しにくいからである。これらは、単独で用いてもよく、2種以上を併用してもよい。

【0107】また、抵抗発熱体は、セラミック基板全体の温度を均一にする必要があることから、図1に示すような同心円形状のパターンや同心円形状のパターンと屈曲線形状のパターンとを組み合わせたものが好ましい。また、得られたセラミックヒータ中の抵抗発熱体の厚さが $1 \sim 50 \mu\text{m}$ 、その幅が $5 \sim 20 \text{mm}$ になるように、導体ペーストの幅や厚さを設定することが望ましい。

【0108】抵抗発熱体の厚さや幅を変化させることにより、その抵抗値を変化させることができるが、上記範

囲が最も実用的だからである。抵抗発熱体の抵抗値は、薄く、また、細くなるほど大きくなる。

【0109】なお、抵抗発熱体を内部に設けると、ウエハ処理面と抵抗発熱体との距離が近くなり、表面の温度の均一性が低下するため、抵抗発熱体自体の幅を広げる必要がある。また、セラミック基板の内部に抵抗発熱体を設けるため、セラミック基板との密着性を考慮する必要性がなくなる。

【0110】抵抗発熱体は、断面が方形、楕円形、紡錘形、蒲鉾形状のいずれでもよいが、偏平なものであることが望ましい。偏平の方がウエハ処理面に向かって放熱しやすいため、ウエハ処理面への熱伝搬量を多くすることができ、ウエハ処理面の温度分布ができにくいからである。抵抗発熱体は螺旋形状でもよい。

【0111】抵抗発熱体をセラミック基板の内部に形成する際には、底面から厚さ方向に60%までの領域に形成することが望ましい。ウエハ処理面の温度分布をなくし、半導体ウエハを均一に加熱することができるからである。

【0112】本発明のセラミックヒータの製造方法においては、セラミック基板の内部に抵抗発熱体を形成するか、または、セラミック基板の底部に抵抗発熱体を形成する。また、上記静電チャックの製造方法においては、抵抗発熱体をセラミック基板の底面に形成してもよい。従って、ここでは、抵抗発熱体をセラミック基板の底面に形成する場合についても、合わせて説明することにする。

【0113】セラミック基板の底面に抵抗発熱体を形成する場合には、通常、焼成を行って、セラミック基板を製造した後、その表面に上記導体ペースト層を形成し、焼成することより、抵抗発熱体を形成する。

【0114】焼成後のセラミック基板の底面に導体ペーストを形成する際、または、グリーンシートの表面に導体ペースト層を形成する際に用いる導体ペーストとしては特に限定されないが、導電性を確保するため金属粒子または導電性セラミック粒子が含有されているほか、樹脂、溶剤、増粘剤などを含むものが好ましい。

【0115】上記金属粒子や導電性セラミック粒子の材料としては、上述したものが挙げられる。これら金属粒子または導電性セラミック粒子の粒径は、 $0.1 \sim 100 \mu\text{m}$ が好ましい。 $0.1 \mu\text{m}$ 未満と微細すぎると、酸化されやすく、一方、 $100 \mu\text{m}$ を超えると、焼結しにくくなり、抵抗値が大きくなるからである。

【0116】上記金属粒子の形状は、球状であっても、リン片状であってもよい。これらの金属粒子を用いる場合、上記球状物と上記リン片状物との混合物であってもよい。ただし、リン片状物の方が厚みのばらつきが小さい。

【0117】上記金属粒子がリン片状物、または、球状物とリン片状物との混合物の場合は、金属粒子間の金属

酸化物を保持しやすくなり、抵抗発熱体とセラミック基板との密着性を確実にし、かつ、抵抗値を大きくすることができるため有利である。

【0118】上記導体ペーストに使用される樹脂としては、例えば、アクリル樹脂、エポキシ樹脂、フェノール樹脂等が挙げられる。また、溶剤としては、例えば、イソプロピルアルコール等が挙げられる。増粘剤としては、セルロース等が挙げられる。抵抗発熱体をセラミック基板の内部に設ける場合には、導体ペーストの粘度は、 $5 \times 10^4 \sim 50 \times 10^4$ cP ($50 \sim 500$ Pa \cdot s) が好ましい。

【0119】抵抗発熱体用の導体ペーストをセラミック基板の表面に形成する際には、上記導体ペースト中に上記金属粒子のほかに金属酸化物を添加し、上記金属粒子および上記金属酸化物を焼結させたものとするのが好ましい。このように、金属酸化物を金属粒子とともに焼結させることにより、セラミック基板と金属粒子とをより密着させることができる。

【0120】上記金属酸化物を混合することにより、セラミック基板との密着性が改善される理由は明確ではないが、金属粒子表面や非酸化物からなるセラミック基板の表面は、その表面がわずかに酸化されて酸化膜が形成されており、この酸化膜同士が金属酸化物を介して焼結して一体化し、金属粒子とセラミックとが密着するのではないかと考えられる。また、セラミック基板を構成するセラミックが酸化物の場合は、当然に表面が酸化物からなるので、密着性に優れた導体層が形成される。

【0121】上記金属酸化物としては、例えば、酸化鉛、酸化亜鉛、シリカ、酸化ホウ素 (B_2O_3)、アルミナ、イットリアおよびチタニアからなる群から選ばれる少なくとも1種が好ましい。これらの酸化物は、抵抗発熱体の抵抗値を大きくすることなく、金属粒子とセラミック基板との密着性を改善することができるからである。

【0122】上記酸化鉛、酸化亜鉛、シリカ、酸化ホウ素 (B_2O_3)、アルミナ、イットリア、チタニアの割合は、金属酸化物の全量を100重量部とした場合、重量比で、酸化鉛が1～10、シリカが1～30、酸化ホウ素が5～50、酸化亜鉛が20～70、アルミナが1～10、イットリアが1～50、チタニアが1～50であって、その合計が100重量部を超えない範囲で調整されていることが好ましい。これらの範囲で、これらの酸化物の量を調整することにより、特にセラミック基板との密着性を改善することができる。

【0123】上記金属酸化物の金属粒子に対する添加量は、0.1重量%以上10重量%未満が好ましい。また、このような構成の導体ペーストを使用して抵抗発熱体を形成した際の面積抵抗率は、1～45 m Ω /□が好ましい。

【0124】面積抵抗率が45 m Ω /□を超えると、印

加電圧量に対して発熱量は大きくなりすぎて、表面に抵抗発熱体を設けた半導体装置用セラミック基板では、その発熱量を制御しにくいからである。なお、金属酸化物の添加量が10重量%以上であると、面積抵抗率が50 m Ω /□を超えてしまい、発熱量が大きくなりすぎて温度制御が難しくなり、温度分布の均一性が低下する。

【0125】抵抗発熱体がセラミック基板の表面に形成される場合には、抵抗発熱体の表面部分に、金属被覆層が形成されていることが好ましい。内部の金属焼結体が酸化されて抵抗値が変化するのを防止するためである。形成する金属被覆層の厚さは、0.1～10 μ mが好ましい。

【0126】上記金属被覆層を形成する際に使用される金属は、非酸化性の金属であれば特に限定されないが、具体的には、例えば、金、銀、パラジウム、白金、ニッケル等が挙げられる。これらは、単独で用いてもよく、2種以上を併用してもよい。これらのなかでは、ニッケルが好ましい。なお、抵抗発熱体をセラミック基板の内部に形成する場合には、抵抗発熱体表面が酸化されることがないため、被覆は不要である。

【0127】本発明のセラミック基板の表面および内部に導電体が配設され、表面の導体層がチャックトップ導体層であり、内部の導電体がガード電極またはグランド電極のいずれか少なくとも一方である場合には、上記セラミック基板は、ウエハプローバとして機能する。

【0128】図12は、本発明のウエハプローバの一実施形態を模式的に示した断面図であり、図13は、図12に示したウエハプローバにおけるA-A線断面図である。このウエハプローバ501では、円板形状のセラミック基板63の表面に平面視同心円形状の溝67が形成されるとともに、溝67の一部にシリコンウエハを吸引するための複数の吸引孔68が設けられており、溝67を含むセラミック基板63の大部分にシリコンウエハの電極と接続するためのチャックトップ導体層62が円形状に形成されている。

【0129】一方、セラミック基板63の底面には、シリコンウエハの温度をコントロールするために、図1に示したような平面視同心円形状の発熱体61が設けられており、発熱体61の両端には、外部端子（図示せず）が接続、固定されている。また、セラミック基板63の内部には、ストレイキャパシタやノイズを除去するために平面視格子形状のガード電極65とグランド電極66（図13参照）とが設けられている。ガード電極65とグランド電極66の材質は、静電電極と同様のものでもよい。

【0130】上記チャックトップ導体層62の厚さは、1～20 μ mが望ましい。1 μ m未満では抵抗値が高くなりすぎて電極として働かず、一方、20 μ mを超えると導体の持つ応力によって剥離しやすくなってしまいうからである。

【0131】チャックトップ導体層62としては、例えば、銅、チタン、クロム、ニッケル、貴金属（金、銀、白金等）、タングステン、モリブデンなどの高融点金属から選ばれる少なくとも1種の金属を使用することができる。

【0132】このような構成のウエハプローバでは、その上に集積回路が形成されたシリコンウエハを載置した後、このシリコンウエハにテストピンを持つプローブカードを押しつけ、加熱、冷却しながら電圧を印加して導通テストを行うことができる。

【0133】また、このウエハプローバを構成するセラミック基板では、ガード電極やグランド電極を構成する導体層の平均の厚さに対する厚さのばらつきが $-50\sim+50\%$ の範囲にあるので、ガード電極やグランド電極の印加電圧に場所によるばらつきがなくなり、ストレイキャパシタやノイズを確実に除去することができる。

【0134】なお、上記ウエハプローバを製造する場合には、例えば、初めにガード電極やグランド電極が埋設されたセラミック基板を製造した後、底面に抵抗発熱体を形成し、その後、セラミック基板の上面に溝を形成する。続いて、溝が形成された表面部分にスパッタリングおよびめっき等を施して、金属層を形成すればよい。

【0135】

【実施例】以下、実施例により本発明をさらに詳細に説明する。

（実施例1）静電チャック（図8参照）の製造

（1）空气中、 500°C で焼成した窒化アルミニウム粉末（トクヤマ社製、平均粒径 $1.1\mu\text{m}$ ）1000重量部、イットリア（平均粒径： $0.4\mu\text{m}$ ）40重量部、アクリルバイнда115重量部、分散剤5重量部および1-ブタノールとエタノールとからなるアルコール530重量部を混合した粘度が 10^4 cP のペーストを用い、ドクターブレード法による成形を行い、乾燥を行うことにより、平均厚さが 0.47 mm のグリーンシートを得た。このグリーンシートの厚さのばらつきおよび乾燥条件は、表1に示した通りである。

【0136】（2）次に、パンチングにより直径 1.8 mm 、 3.0 mm 、 5.0 mm の半導体ウエハ支持ピンを挿入する貫通孔となる部分、外部端子と接続するためのスルーホールとなる部分を設けた。

【0137】（3）平均粒子径 $1\mu\text{m}$ のタングステンカーバイト粒子100重量部、アクリル系樹脂バイнда3.0重量部、 α -テルピネオール溶媒3.5重量部および分散剤0.3重量部を混合して導体ペーストAを調製した。平均粒子径 $3\mu\text{m}$ のタングステン粒子100重量部、アクリル系樹脂バイнда1.9重量部、 α -テルピネオール溶媒3.7重量部および分散剤0.2重量部を混合して導体ペーストBを調製した。

【0138】この導電性ペーストAをグリーンシートにスクリーン印刷で印刷し、抵抗発熱体用の導体ペースト

層を形成した。印刷パターンは、同心円形状のパターンとし、その幅を 10 mm 、その厚さを $12\mu\text{m}$ とした。また、他のグリーンシートに図4に示した形状の静電電極パターンからなる導体ペースト層を形成した。この導体ペースト層の厚さは、 $10\mu\text{m}$ であった。

【0139】さらに、外部端子を接続するためのスルーホール用の貫通孔に導体ペーストBを充填した。上記処理の終わったグリーンシート50に、さらに、タングステンペーストを印刷しないグリーンシート50'を上側（ウエハ処理面）に34枚、下側に13枚積層し、その上に静電電極パターンからなる導体ペースト層を印刷したグリーンシート50を積層し、さらにその上にタングステンペーストを印刷していないグリーンシート50'を2枚積層し、これらを 130°C 、 80 kg/cm^2 の圧力で圧着して積層体を形成した（図8（a））。

【0140】（4）次に、得られた積層体を窒素ガス中、 600°C で5時間脱脂し、 1890°C 、圧力 150 kg/cm^2 で3時間ホットプレスし、厚さ 3 mm の窒化アルミニウム板状体を得た。これを 230 mm の円板状に切り出し、内部に厚さ $6\mu\text{m}$ 、幅 10 mm の抵抗発熱体5および厚さ $10\mu\text{m}$ のチャック正極静電層2、チャック負極静電層3を有する窒化アルミニウム製の板状体とした（図8（b））。

【0141】（5）次に、（4）で得られた板状体を、ダイヤモンド砥石で研磨した後、マスクを載置し、SiC等によるブラスト処理で表面に熱電対のための有底孔（直径： 1.2 mm 、深さ： 2.0 mm ）を設けた。

【0142】（6）さらに、スルーホールが形成されている部分をえぐり取って袋孔35、36とし（図8（c））、この袋孔35、36にNi-Auからなる金ろうを用い、 700°C で加熱リフローしてコパール製の外部端子6、18を接続させた（図8（d））。なお、外部端子の接続は、タングステンの支持体が3点で支持する構造が望ましい。接続信頼性を確保することができるからである。

【0143】（7）次に、温度制御のための複数の熱電対を有底孔に埋め込み、抵抗発熱体を有する静電チャックの製造を完了した。

【0144】（実施例2～3）静電チャックの製造
グリーンシートの乾燥条件および厚さのばらつきを表1に示した通りとしたほかは、実施例1と同様にして静電チャックを製造した。

【0145】（比較例1、2）グリーンシートの乾燥条件および厚さのばらつきを表1に示した通りとしたほかは、実施例1と同様にして静電チャックを製造した。

（比較例3、4）セラミック基板の厚さを 1.5 mm とし、導体層の厚さを $150\mu\text{m}$ とし、グリーンシートの乾燥条件を表1に示したように変えたほかは、実施例1と同様にして、静電チャックを製造した。

【0146】このようにして製造した実施例1～3およ

び比較例1～4に係る静電チャックにシリコンウエハ9を載置して吸着させた後、通電を行ってセラミック基板の温度を上昇させ、セラミック基板の温度を450℃にした後、シリコンウエハ表面の各部分の温度を、サーモピュア（日本データム社製 IR62012-0012）を用いて測定し、最低温度と最高温度との温度差を求めた。その結果を下記の表1に示した。

【0147】また、シリコンウエハを12分割して、静

$$\text{グリーンシートの厚さのばらつき量 (\%)} = \left[\frac{(\text{厚さの測定値の最大または最小値} - \text{厚さの平均値}) \times 100}{\text{厚さの平均値}} \right] \cdots (1)$$

【0148】割れ試験として、上記静電チャックを45秒間で400℃まで昇温し、割れの有無を確認する試験を行った。また、反り量は、400℃まで昇温した後、常温に戻し、形状測定器（京セラ社製 商品名ナノウェイ）で測定した。

【0149】さらに、これら実施例および比較例に係るセラミック基板を5箇所縦に切断し、露出したそれぞれ

$$\text{導体層の厚さのばらつき量 (\%)} = \left[\frac{(\text{厚さの測定値の最大または最小値} - \text{厚さの平均値}) \times 100}{\text{厚さの平均値}} \right] \cdots (2)$$

【0150】

電チャック上に載置し、400℃まで昇温して1kV印加し、各区画のチャック力をロードセル（島津製作所製 オートグラフ AGS-50）で測定し、最大と最小との差を求めた。グリーンシートの厚さのばらつきは、マイクロメータで任意の10点の厚さを測定して平均を求め、各測定値のうち、平均から最も外れている値をばらつき量（%）とした。すなわち、厚さのばらつき量は、下記の式（1）に示したようになる。

れの静電電極の10箇所を走査型電子顕微鏡（SEM）で撮影して厚さを測定し、これらの厚さの平均に対して最大値（または最小値）を厚さのばらつき量とした。抵抗発熱体の厚さのばらつきの測定方法も、全く同様であるので、ここでは、導体層の厚さのばらつき量として、下記の式（2）に示す。

【表1】

	グリーンシートの乾燥		t_2 / t_1	チャック力の差 (g/cm ²)	シリコンウエハ表面の温度差 (℃)	加熱面の温度差 (℃)	割れ	反り
	乾燥条件	厚さのバラツキ (%)						
実施例1	60℃、15分 100℃、15分	+20	0.002 0.003	20	6	4	無	5μm以下
実施例2	80℃、20分 150℃、20分	+130	0.002 0.003	30	7	4	無	5μm以下
実施例3	100℃、20分 150℃、20分	-50	0.002 0.003	30	7	4	無	5μm以下
比較例1	200℃、20分 200℃、20分	+155	0.002 0.003	50	18	15	有	15μm
比較例2	160℃、20分 160℃、20分	-75	0.002 0.003	50	18	15	有	15μm
比較例3	80℃、20分 150℃、20分	+125	0.1 0.1	45	15	13	有	15μm
比較例4	100℃、20分 150℃、20分	-40	0.1 0.1	45	15	13	有	15μm

【0151】図14は、実施例1の静電チャックを構成するセラミック基板の静電電極を含む断面を示した走査型電子顕微鏡写真であるが、図14に示したように、静電電極の厚さのばらつきが多少あっても、割れ、反りを有効に防止し、チャック力のばらつきがない。

【0152】表1に示した結果より明らかなように、 t_2 / t_1 が0.1未満であり、導体層厚みのばらつきが-70～+150%以内である実施例1～3の場合、セラミック基板に反りが極めて小さく、割れもなく、また、ウエハ処理面の温度も均一である。また、チャック力も比較的ばらつきが小さい。

【0153】（実施例4）セラミックヒータの製造（図1参照）

（1）窒化アルミニウム粉末（トクヤマ社製、平均粒径：0.6μm）100重量部、：イットリア（Y₂O₃ 平均粒径：0.4μm）4重量部、アクリルバインダ12重量部および1-ブタノールとエタノールとからなるアルコール53重量部を混合した組成物のスプレードライを行い、顆粒状の粉末を作製した。

【0154】（2）次に、この顆粒状の粉末を金型に入れ、平板状に成形して生成形体（グリーン）を得た。

（3）加工処理の終わった生成形体を温度：1800℃、圧力：200kg/cm² でホットプレスし、厚さが3mmの窒化アルミニウム板状体を得た。次に、この板状体から直径210mmの円板体を切り出し、セラミック製の板状体（セラミック基板）とした。このセラミ

ック基板の底面に、ガラスペーストを塗布し、乾燥焼成して厚さ2 μ mのSiO₂膜を形成した。

【0155】次に、この板状体にドリル加工および切削部材による加工を施し、リフターピンを挿入する貫通孔、シリコンウエハを支持する支持ピンを挿入する貫通孔15、熱電対を埋め込むための有底孔14（直径：1.1mm、深さ：2mm）を形成した。

（4）上記（3）で得た焼結体の底面に、スクリーン印刷にて導体ペーストを印刷した。印刷パターンは、図1に示したような同心円形状のパターンとした。導体ペーストとしては、以下の組成のものを使用した。

【0156】すなわち、この導体ペーストは、りん片状の銀（昭和化学工業社製 Ag-540）50重量部、酸化亜鉛10重量部、シリカ8重量部、酸化ホウ素2重量部および有機ビヒクルである酢酸セルロース30重量部からなるものであった。

【0157】（5）次に、導体ペーストを印刷した基板を780℃で加熱、焼成して、導体ペースト中の銀等を焼結させるとともに基板に焼き付け、抵抗発熱体を形成した。銀を主成分とする抵抗発熱体は、その厚さが5 μ m、幅が15mm、面積抵抗率が5.09 Ω /□であった。

（6）次に、硫酸ニッケル80g/l、次亜リン酸ナトリウム24g/l、酢酸ナトリウム12g/l、ほう酸8g/l、塩化アンモニウム6g/lを含む水溶液からなる無電解ニッケルめっき浴に上記（5）で作製したセラミック基板を浸漬し、銀を主成分とする抵抗発熱体の表面に厚さ1 μ mの金属被覆層（ニッケル層）を析出させた。

【0158】（7）電源との接続を確保するための端子部に、スクリーン印刷により、銀-鉛半田ペースト（田中貴金属社製）を印刷して半田層を形成した。ついで、半田層の上にコパール製の外部端子を載置して、420℃で加熱リフローし、抵抗発熱体の端子部に外部端子を取り付けた。

（8）温度制御のための熱電対を有底孔に挿入し、ポリイミド樹脂を充填し、190℃で2時間硬化させ、底面に抵抗発熱体を有するセラミックヒータを得た。

【0159】（実施例5）導体ペーストとして、以下の

組成のものを使用したほかは、実施例4と同様にしてセラミックヒータを製造した。すなわち、この導体ペーストは、りん片状の銀（昭和化学工業社製 Ag-540）50重量部、球状パラジウム（昭和化学工業社製 Pd-225）50重量部、酸化亜鉛10重量部、シリカ8重量部、酸化ホウ素2重量部および有機ビヒクルである酢酸セルロース30重量部からなるものであった。

【0160】（比較例5）導体ペーストとして、以下の組成のものを使用したほかは、実施例4と同様にしてセラミックヒータを製造した。すなわち、この導体ペーストは、球状の銀粒子（昭和化学工業社製 Ag-520）100重量部、酸化亜鉛10重量部、シリカ8重量部、酸化ホウ素2重量部および有機ビヒクルである酢酸セルロース30重量部からなるものであった。

【0161】（比較例6）導体ペーストとして、以下の組成のものを使用したほかは、実施例4と同様にしてセラミックヒータを製造した。すなわち、この導体ペーストは、球状の銀粒子（昭和化学工業社製 Ag-520）50重量部、球状のパラジウム粒子（昭和化学工業社製 Pd-225）50重量部、酸化亜鉛10重量部、シリカ8重量部、酸化ホウ素2重量部および有機ビヒクルである酢酸セルロース30重量部からなるものであった。

【0162】（比較例7、8）セラミック基板の厚さを1.5mmとし、抵抗発熱体の厚さを150 μ mとしたほかは、それぞれ実施例4、5と同様にして、セラミックヒータを製造した。

【0163】このようにして製造した実施例4～5および比較例5～8に係るセラミックヒータに通電し、セラミック基板のウエハ処理面を450℃に保持しながら、シリコンウエハを載置し、加熱した。そして、ウエハ処理面の各部分の温度を、サーモビューア（日本データム社製 IR62012-0012）を用いて測定し、最低温度と最高温度との温度差を求めた。また、セラミック基板の割れや反りを実施例1～3と同様に調べた。その結果を下記の表2に示した。

【0164】

【表2】

	導体ペースト中の 粒子の形状	グリーンシ ートの厚さ のパラッキ (%)	t_2/t_1	加熱面の温 度差 (℃)	割れ	反り
実施例4	りん片状のみ	+10	0.002	5	無	5 μ m以下
実施例5	りん片状+球状	-10	0.002	5	無	5 μ m以下
比較例5	球状	+152	0.002	15	有	15 μ m
比較例6	球状+球状	-73	0.002	15	有	15 μ m
比較例7	りん片状のみ	+10	0.1	13	有	15 μ m
比較例8	りん片状+球状	-10	0.1	13	有	15 μ m

【0165】その結果、上記表2に示したように、実施例4～5では、ウエハ処理面の温度差が5℃と小さかったのに対し、比較例5～8では、13～15℃と大きかった。

【0166】（試験例1）静電チャックを構成するセラミック基板の直径を150mmとしたほかは、比較例1と同様にして、静電チャックを製造した。その後、静電チャックを400℃まで昇温し、1kVの電圧を印加した後、シリコンウエハ表面の最高と最低との温度差を測定した。その結果、温度差は、9℃であった。

【0167】（試験例2）セラミックヒータを構成するセラミック基板の直径を150mmとしたほかは、比較例2と同様にして、セラミックヒータを製造した。400℃まで昇温し、シリコンウエハ表面の最高と最低との温度差を測定した。その結果、温度差は、7℃であった。このように、本発明では、直径が150mmを超えるセラミック基板とした場合に顕著な効果を奏する。

【0168】（実施例6）ウエハプロバの製造

（1）窒化アルミニウム粉末（トクヤマ社製、平均粒径1.1μm）1000重量部、イットリア（平均粒径0.4μm）40重量部および1-ブタノールおよびエタノールからなるアルコール530重量部を混合して得た混合組成物を、ドクターブレード法を用いて成形し、厚さが0.47mmで表面の粗度がRmaxで50μmのグリーンシートを得た。

【0169】（2）次に、このグリーンシートを80℃で5時間乾燥させた後、パンチングにて抵抗発熱体と外部端子ピンと接続するためのスルーホール用の貫通孔を設けた。

【0170】（3）平均粒子径1μmのタングステンカーバイド粒子100重量部、アクリル系バインダ3.0重量部、α-テルピネオール溶媒3.5重量部および分散剤0.3重量部を混合して導電性ペーストAとした。また、平均粒子径3μmのタングステン粒子100重量部、アクリル系バインダ1.9重量部、α-テルピネオール溶媒を3.7重量部、分散剤0.2重量部を混合して導電性ペーストBとした。

【0171】次に、グリーンシートに、この導電性ペーストAを用いたスクリーン印刷で、格子状のガード電極用印刷体、グランド電極用印刷体を印刷した。また、端子ピンと接続するためのスルーホール用の貫通孔に導電性ペーストBを充填した。

【0172】さらに、印刷されたグリーンシートおよび印刷がされていないグリーンシートを50枚積層して130℃、80kg/cm²の圧力で一体化することにより積層体を作製した。

【0173】（4）次に、この積層体を窒素ガス中で600℃で5時間脱脂し、1890℃、圧力150kg/cm²で3時間ホットプレスし、厚さ3mmの窒化アルミニウム板状体を得た。得られた板状体を、直径300

mmの円形状に切り出してセラミック製の板状体とした。スルーホール17の大きさは、直径0.2mm、深さ0.2mmであった。

【0174】また、ガード電極、グランド電極の厚さは10μm、ガード電極の形成位置は、ウエハ載置面から1mm、グランド電極の形成位置は、ウエハ載置面から1.2mmであった。また、ガード電極およびグランド電極の導体非形成領域の1辺の大きさは、0.5mmであった。

【0175】（5）上記（4）で得た板状体を、ダイヤモンド砥石で研磨した後、マスクを載置し、SiC等によるブラスト処理で表面に熱電対のための凹部およびウエハ吸着用の溝（幅0.5mm、深さ0.5mm）を設けた。

【0176】（6）さらに、ウエハ載置面に対向する面に抵抗発熱体を形成するための層を印刷した。印刷は導電ペーストを用いた。導電ペーストは、プリント配線板のスルーホール形成に使用されている徳力化学研究所製のソルベストPS603Dを使用した。この導電ペーストは、銀/鉛ペーストであり、酸化鉛、酸化亜鉛、シリカ、酸化ホウ素、アルミナからなる金属酸化物（それぞれの重量比率は、5/55/10/25/5）を銀100重量部に対して7.5重量部含むものであった。また、銀の形状は平均粒径4.5μmでリン片状のものであった。

【0177】（7）導電ペーストを印刷したセラミック基板を780℃で加熱焼成して、導電ペースト中の銀、鉛を焼結させるとともにセラミック基板に焼き付けた。さらに硫酸ニッケル30g/l、ほう酸30g/l、塩化アンモニウム30g/lおよびロッシェル塩60g/lを含む水溶液からなる無電解ニッケルめっき浴にヒータ板を浸漬して、銀の焼結体空なる抵抗発熱体61の表面に厚さ1μm、ホウ素の含有量が1重量%以下のニッケル層を析出させた。この後、ヒータ板は、120℃で3時間アニーリング処理を施した。銀の焼結体からなる抵抗発熱体は、厚さが5μm、幅2.4mmであり、面積抵抗率が7.7mΩ/□であった。

【0178】（8）溝が形成された面に、スパッタリング法により、順次、チタン層、モリブデン層、ニッケル層を形成した。スパッタリングのための装置は、日本真空技術株式会社製のSV-4540を使用した。スパッタリングの条件は気圧0.6Pa、温度100℃、電力200Wであり、スパッタリング時間は、30秒から1分の範囲内で、各金属によって調整した。得られた膜の厚さは、蛍光X線分析計の画像から、チタン層は0.3μm、モリブデン層は2μm、ニッケル層は1μmであった。

【0179】（9）硫酸ニッケル30g/l、ほう酸30g/l、塩化アンモニウム30g/lおよびロッシェル塩60g/lを含む水溶液からなる無電解ニッケルめ

つき浴に、上記（８）で得られたセラミック基板６３を浸漬し、スパッタリングにより形成された金属層の表面に厚さ７μm、ホウ素の含有量が１重量％以下のニッケル層を析出させ、１２０℃で３時間アニーリングした。抵抗発熱体表面は、電流を流さず、電解ニッケルめっきで被覆されない。

【０１８０】さらに、表面にシアン化金カリウム２g/l、塩化アンモニウム７５g/l、クエン酸ナトリウム５０g/lおよび次亜リン酸ナトリウム１０g/lを含む無電解金めっき液に、９３℃の条件で１分間浸漬し、ニッケルめっき層上に厚さ１μmの金めっき層を形成した。

【０１８１】（１０）溝から裏面に抜ける空気吸引孔をドリル加工により形成し、さらにスルーホールを露出させるための袋孔（図示せず）を設けた。この袋孔にNi-Au合金（Au８１．５重量％、Ni１８．４重量％、不純物０．１重量％）からなる金ろうを用い、９７０℃で加熱リフローしてコパール製の外部端子ピンを接続させた。また、抵抗発熱体に半田（スズ９０重量％／鉛１０重量％）を介してコパール製の外部端子ピンを形成した。

【０１８２】（１１）次に、温度制御のための複数熱電対を凹部に埋め込み、ウエハプローバヒータを得た。

【０１８３】（比較例９）表面粗度がRmaxで２１０μmのグリーンシートを作製したほかは、実施例６と同様にしてウエハプローバを製造した。

【０１８４】実施例６に係るウエハプローバは、ガード電極、グランド電極の厚みのばらつきは、それぞれ＋２０％、－１５％と小さかったのに対し、比較例９に係るウエハプローバでは、ガード電極、グランド電極の厚みのばらつきは、それぞれ＋１５５％、－７５％と大きかった。

【０１８５】また、良品であることがわかっているシリコンウエハを実施例６および比較例９に係るウエハプローバのチャックトップ導体層上に載置し、１８０℃に昇温した後、プローブカードを用いて導通テストを行った。その結果、実施例６に係るウエハプローバでは、シリコンウエハが良品であるとの結果が得られたのに対し、比較例９に係るウエハプローバでは、不良品であるとの結果が得られた。グランド電極またはガード電極の厚さがばらついているため、ストレイキャパシタか、または、ノイズを除去することができず、これに起因して誤った結果が得られたと考えられる。

【０１８６】

【発明の効果】以上、説明したように、本発明のセラミック基板では、急速な昇温や降温を行っても、セラミック基板の割れや反り等の問題は発生しない。また、ホットプレート（セラミックヒータ）として使用しても、ウエハ処理面の温度のばらつきが少なく、また、静電チャックとして使用した場合でも、チャック力のばらつきが

小さい。さらに、ウエハプローバとして使用した場合には、ノイズが少なく、正確な導通試験を実現することができる。

【図面の簡単な説明】

【図１】本発明のセラミック基板を用いたセラミックヒータの一例を模式的に示す平面図である。

【図２】図１に示したセラミックヒータの部分拡大断面図である。

【図３】本発明のセラミック基板を用いた静電チャックの一例を模式的に示す断面図である。

【図４】図３に示したセラミックヒータのA-A線断面図である。

【図５】本発明のセラミック基板を用いた静電チャックの一例を模式的に示す断面図である。

【図６】本発明のセラミック基板を用いた静電チャックの一例を模式的に示す断面図である。

【図７】本発明のセラミック基板を用いた静電チャックの一例を模式的に示す断面図である。

【図８】（a）～（d）は、図５に示した静電チャックの製造工程の一部を模式的に示す断面図である。

【図９】本発明に係る静電チャックを構成する静電電極の形状を模式的に示した水平断面図である。

【図１０】本発明に係る静電チャックを構成する静電電極の形状を模式的に示した水平断面図である。

【図１１】本発明に係る静電チャックを支持容器に嵌め込んだ状態を模式的に示した断面図である。

【図１２】本発明のセラミック基板を用いたウエハプローバを模式的に示した断面図である。

【図１３】図１２に示したウエハプローバのガード電極を模式的に示した断面図である。

【図１４】本発明のセラミック基板の内部に形成された静電電極を表す走査型電子顕微鏡写真である。

【図１５】従来のセラミック基板の製造方法において、作製したグリーンシート上に形成した導体ペースト層を模式的に示す断面図である。

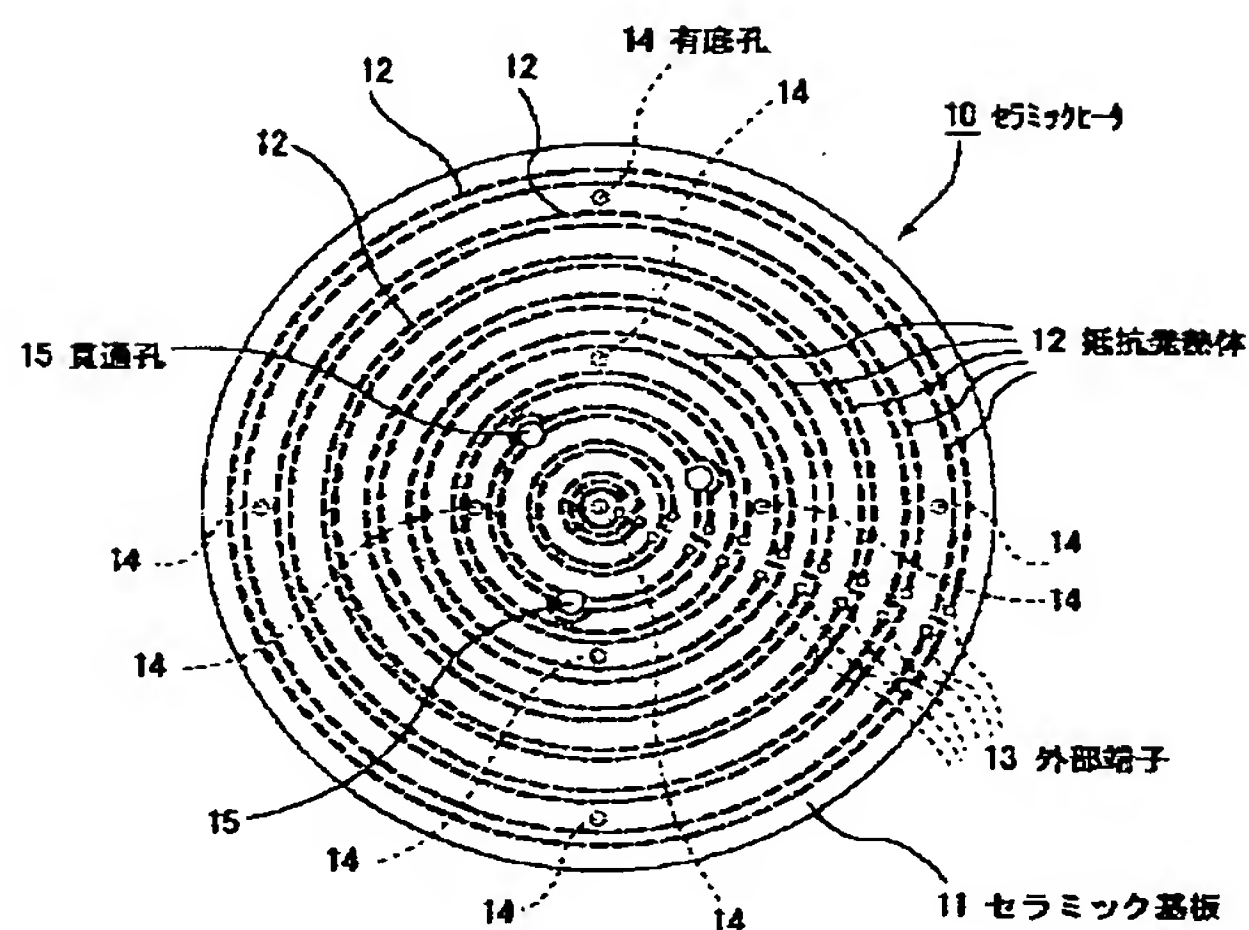
【符号の説明】

- １、１１、６３ セラミック基板
- ２、２２、３２a、３２b チャック正極静電層
- ３、２３、３３a、３３b チャック負極静電層
- ２a、３a 半円弧状部
- ２b、３b 櫛歯部
- ４ セラミック誘電体膜
- ５、１２、２５、６１ 抵抗発熱体
- ６、１３、１８ 外部端子
- ７ 金属線
- ８ ベルチェ素子
- ９ シリコンウエハ
- １０ セラミックヒータ
- １４ 有底孔
- １５ 貫通孔

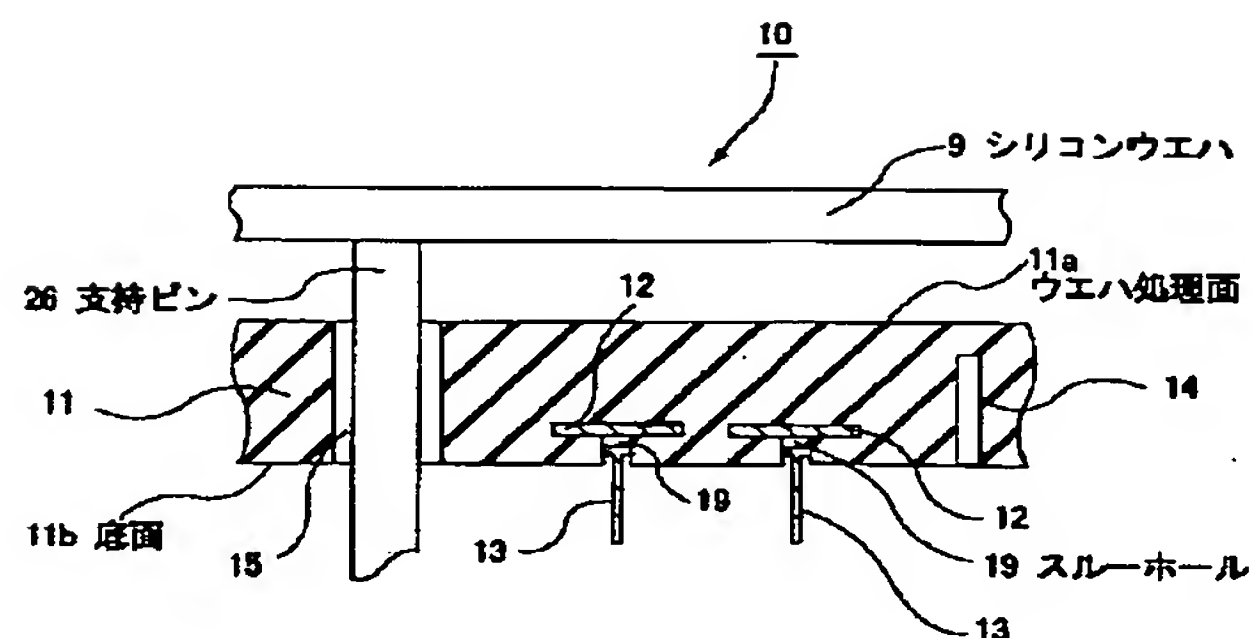
16、17、19 スルーホール
 20、30、101、201、301、401 静電チャック
 25a 金属被覆層
 35、36 袋孔
 41 支持容器
 42 冷媒吹き出し口
 43 吸入口
 44 冷媒注入口

45 断熱材
 62 チャックトップ導体層
 65 ガード電極
 66 グランド電極
 66a 電極非形成領域
 67 溝
 68 吸引孔
 501 ウエハプローバ

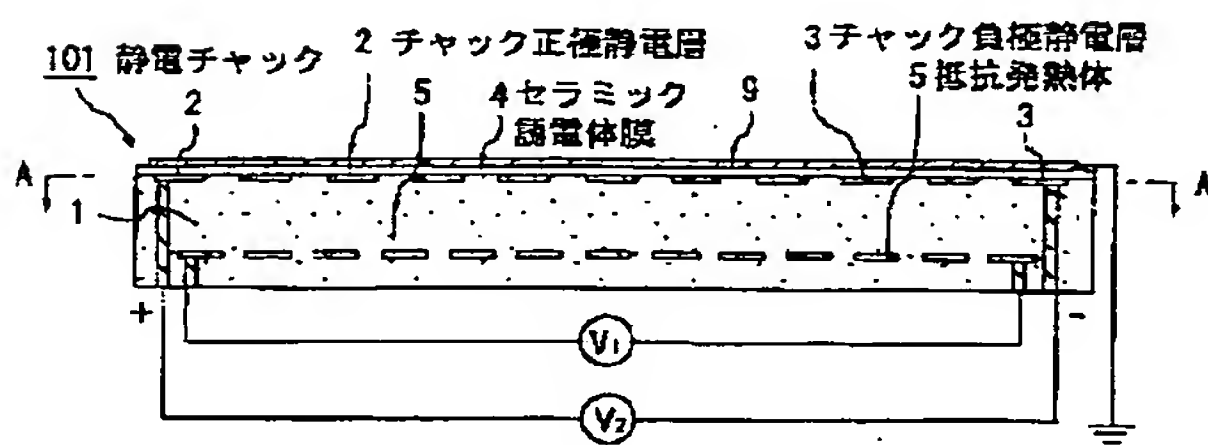
【図1】



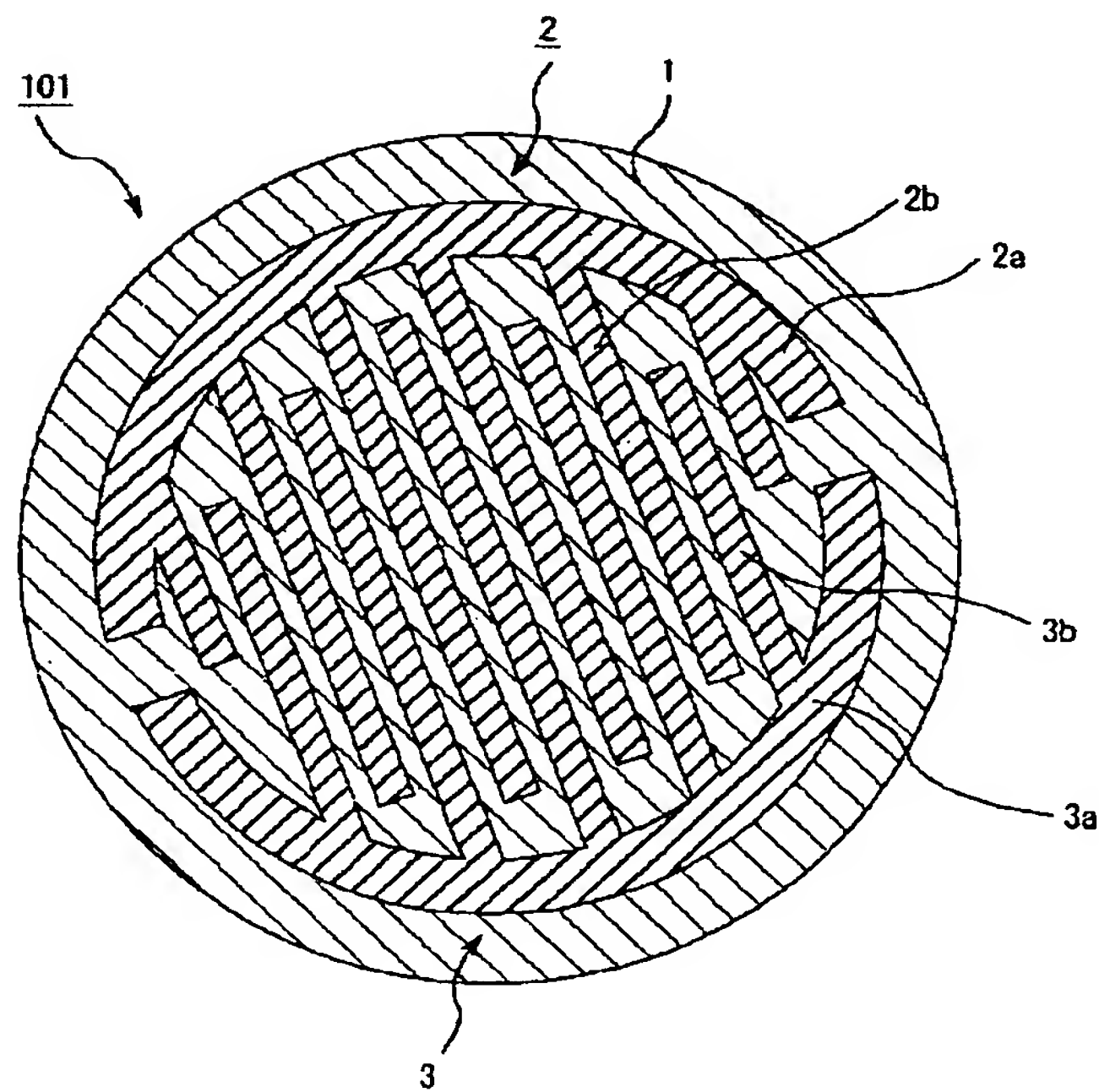
【図2】



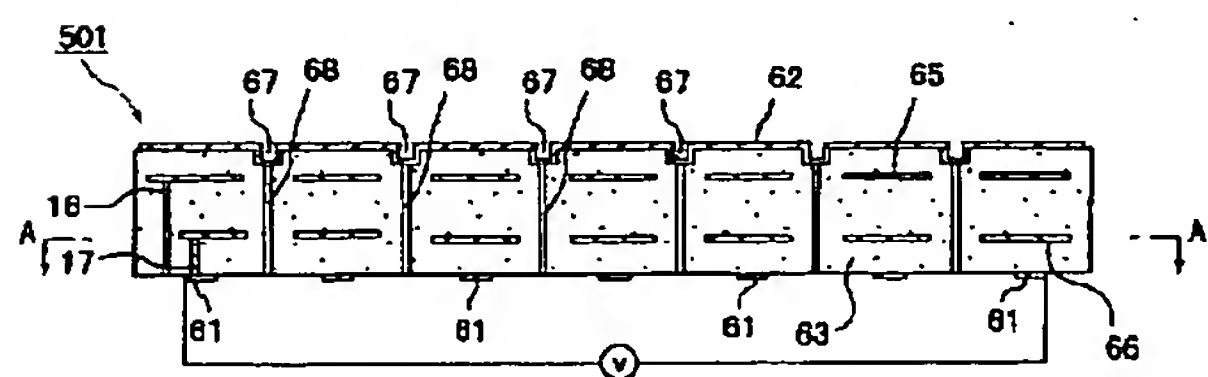
【図3】



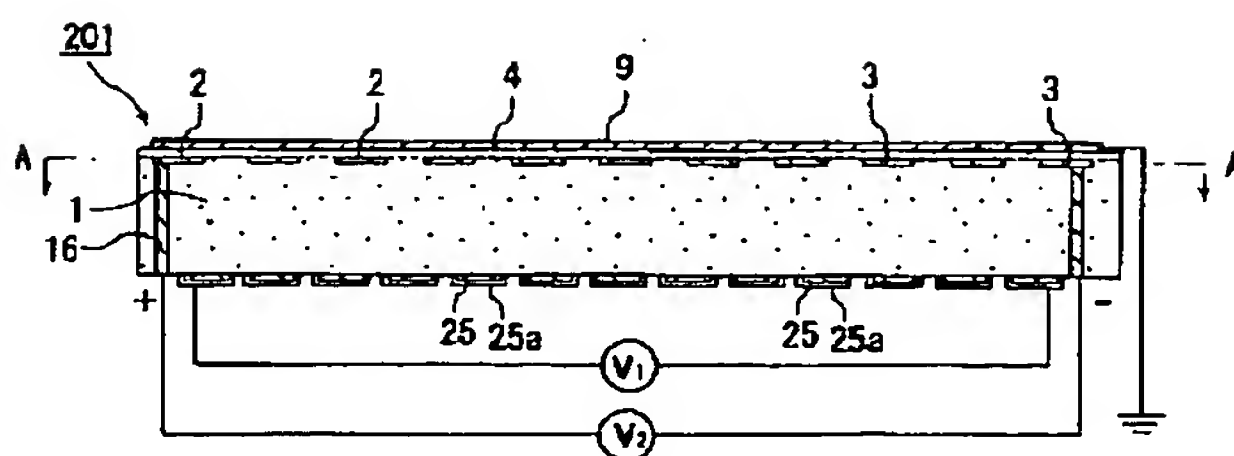
【図4】



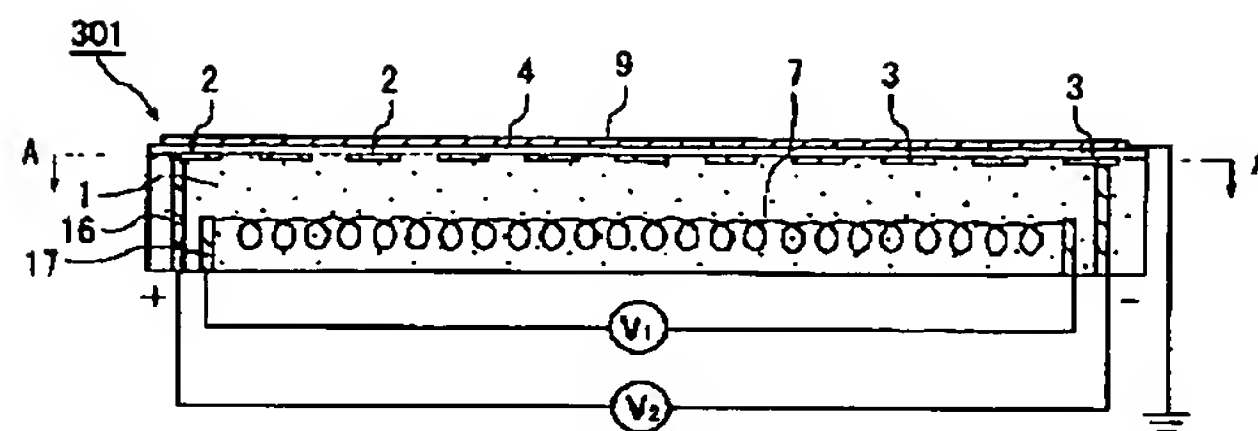
【図12】



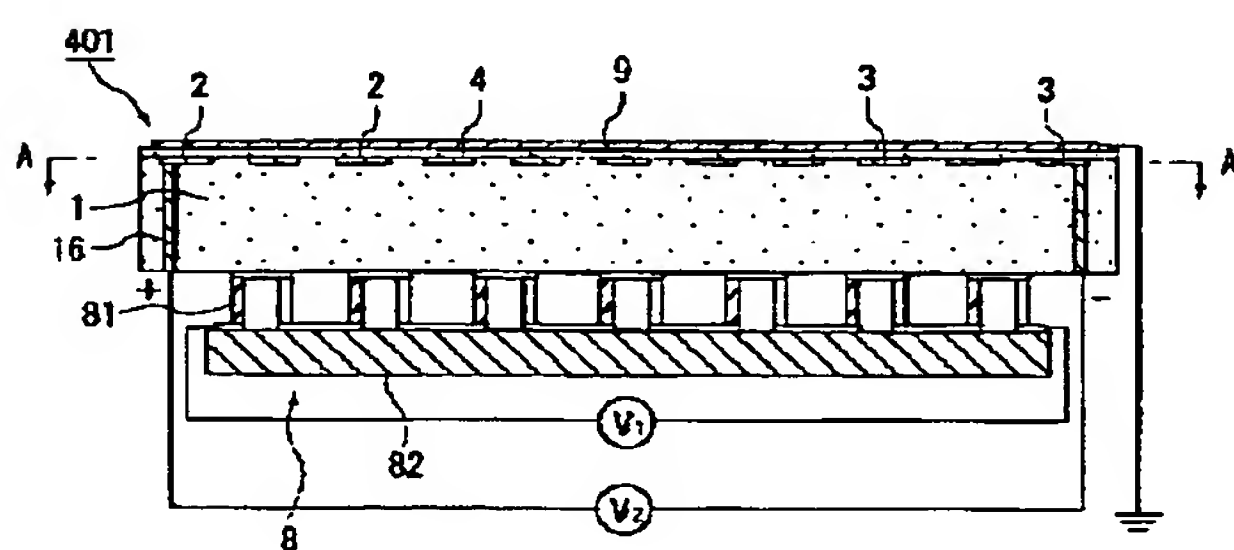
【図5】



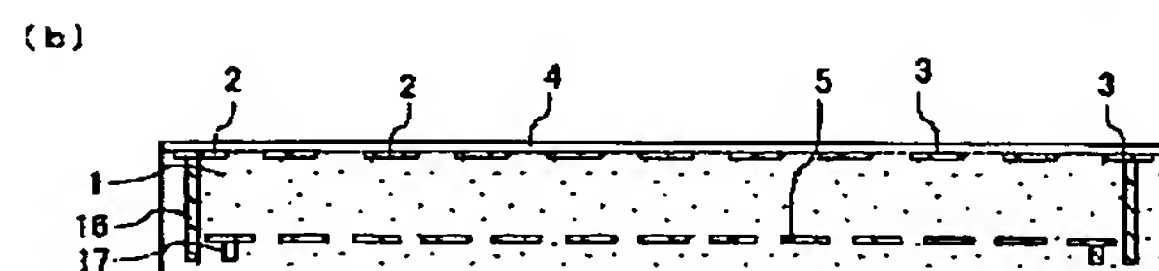
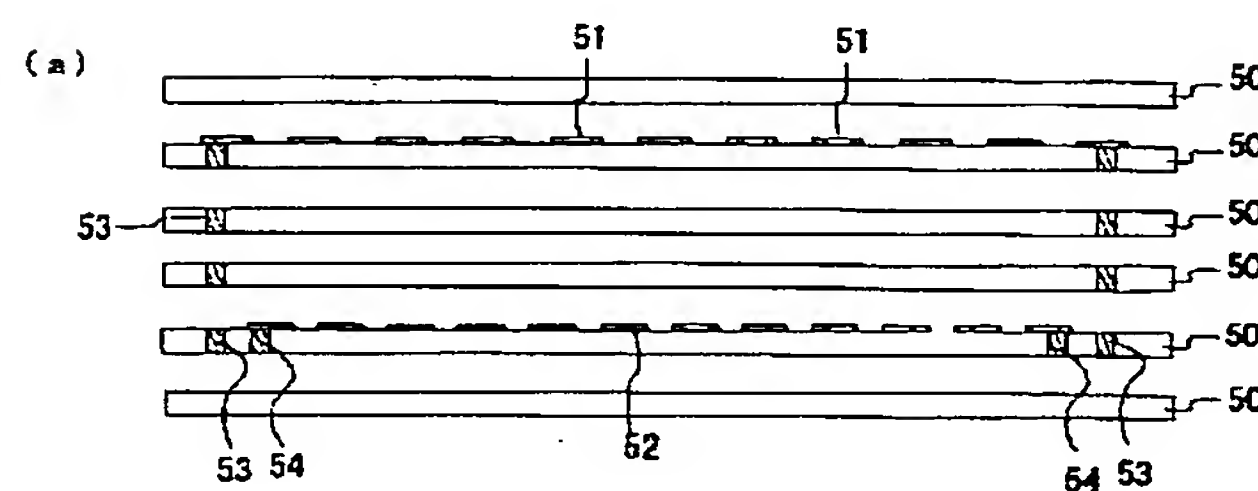
【図6】



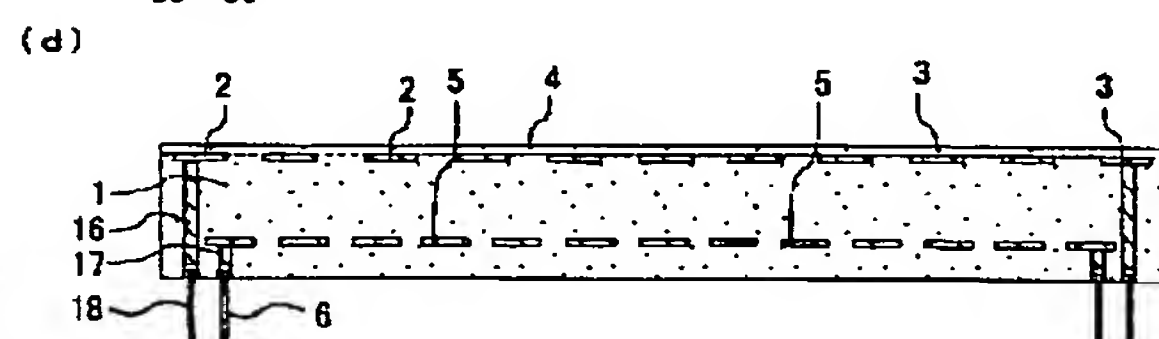
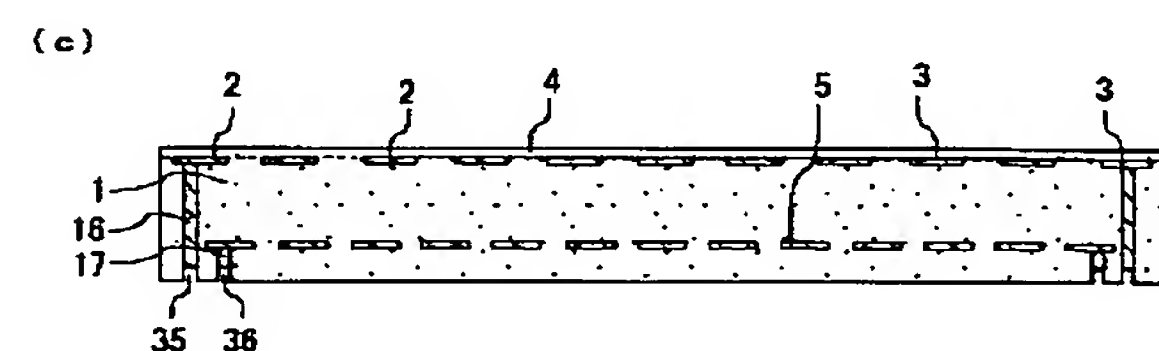
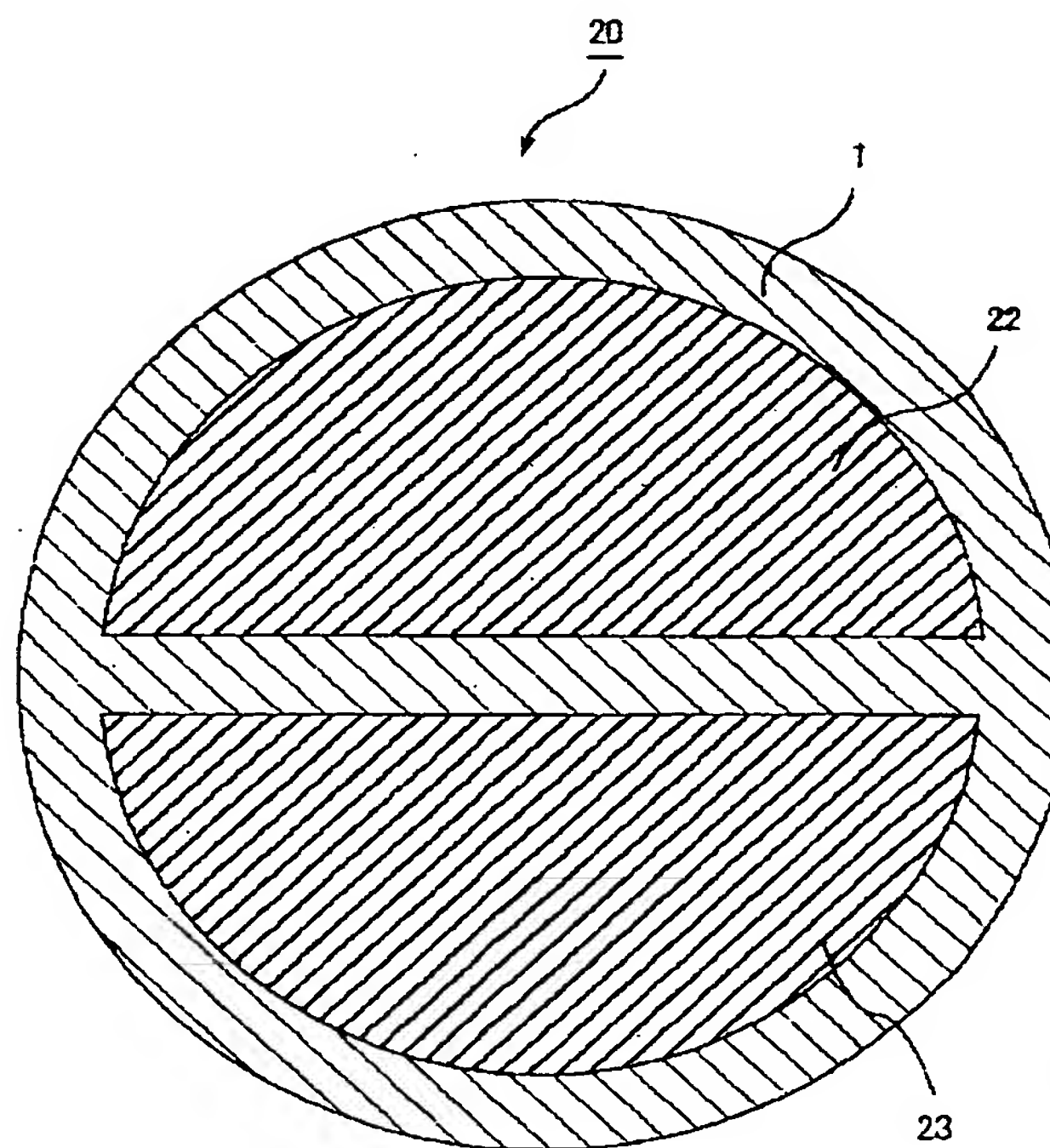
【図7】



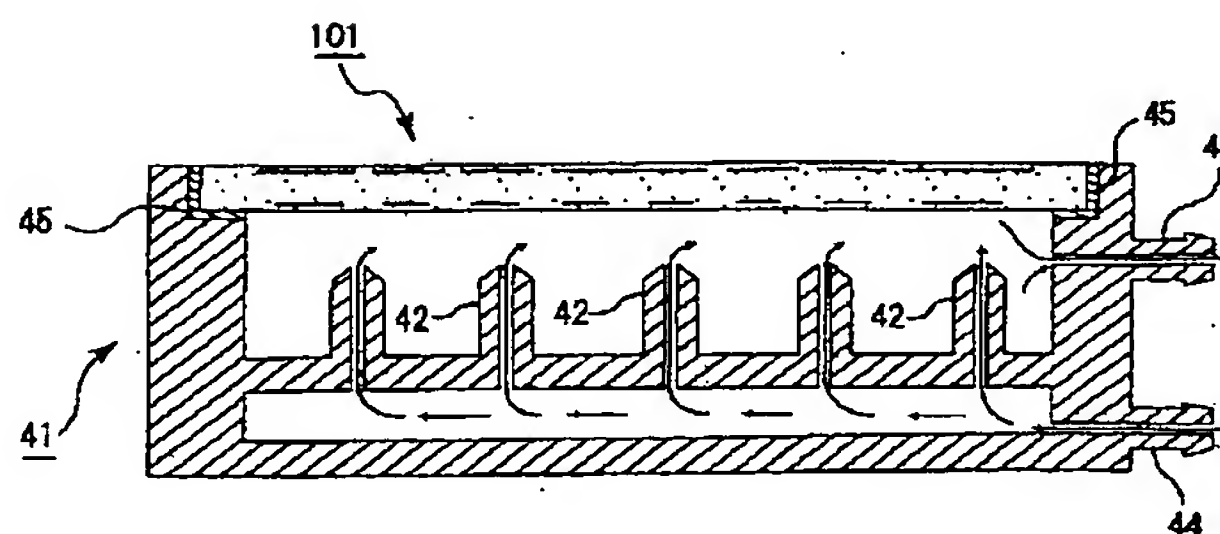
【図8】



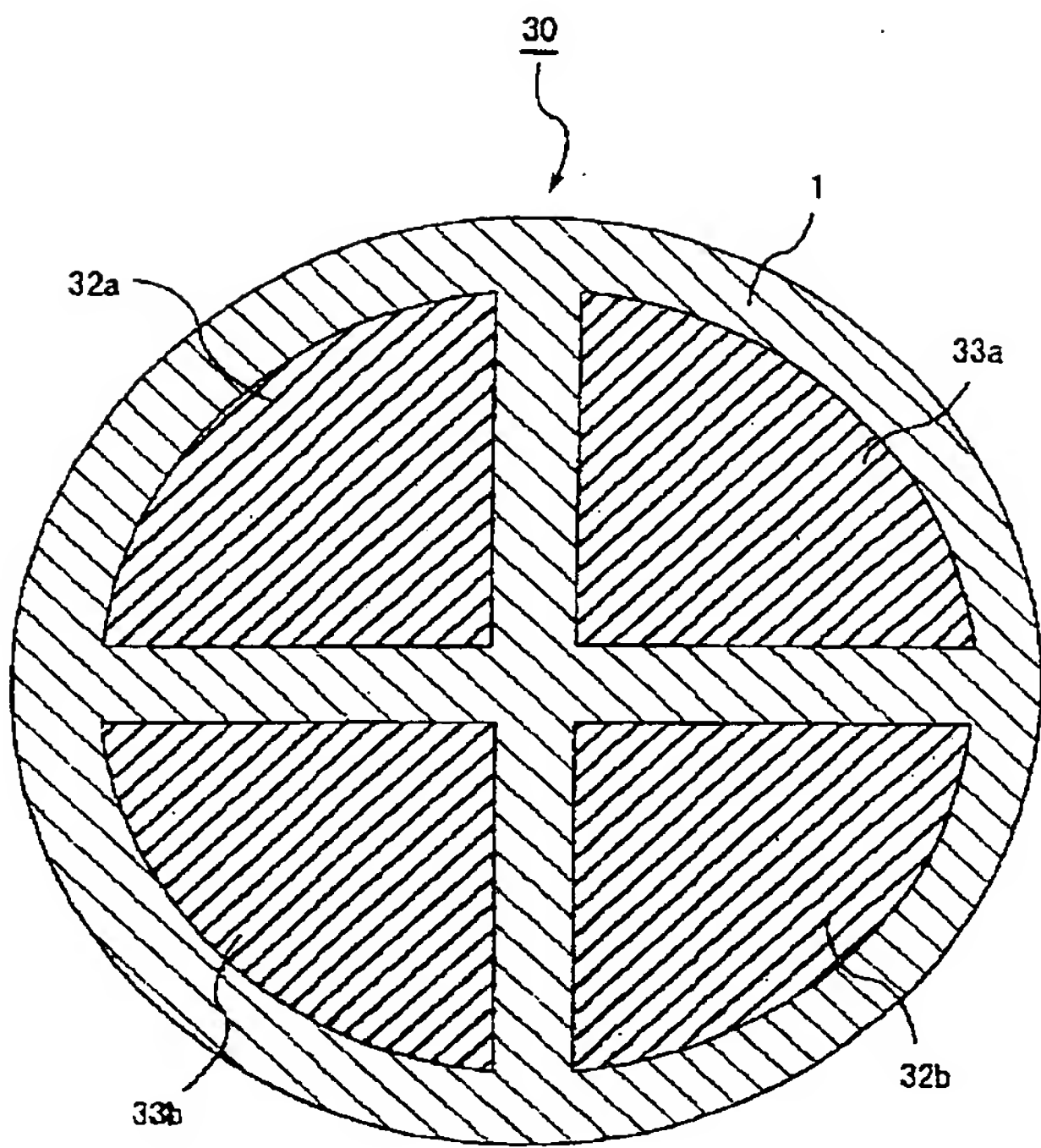
【図9】



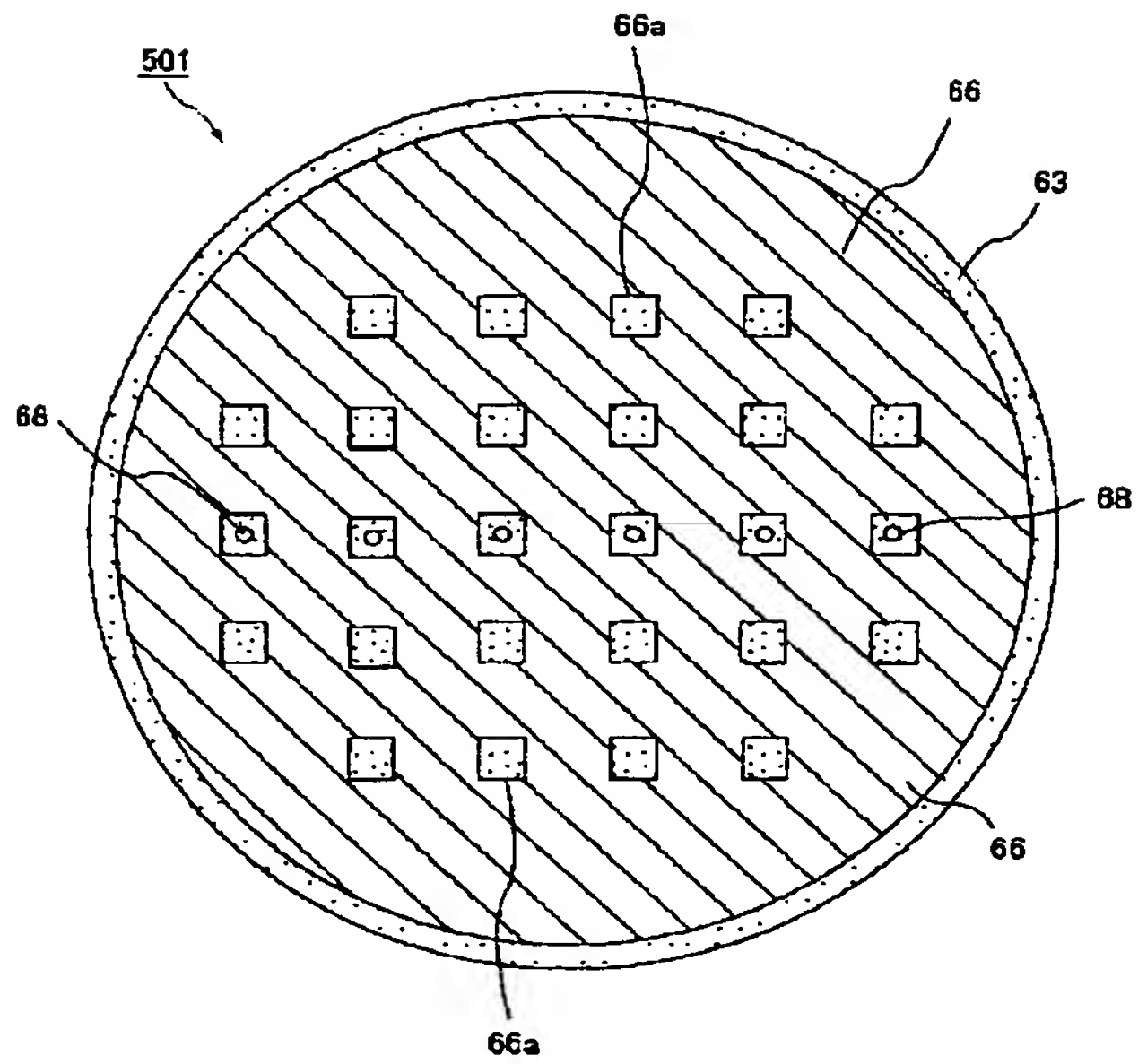
【図11】



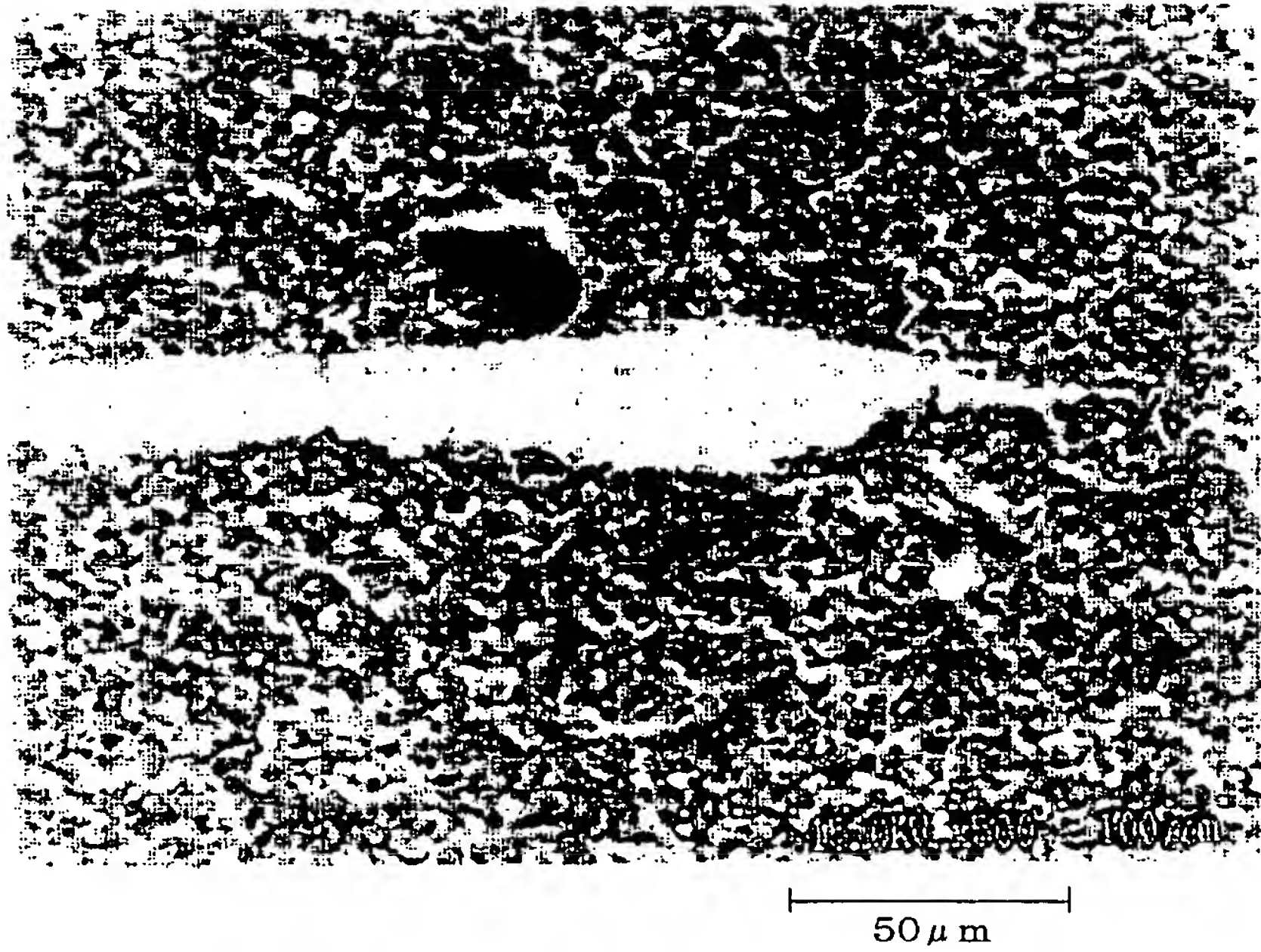
【図10】



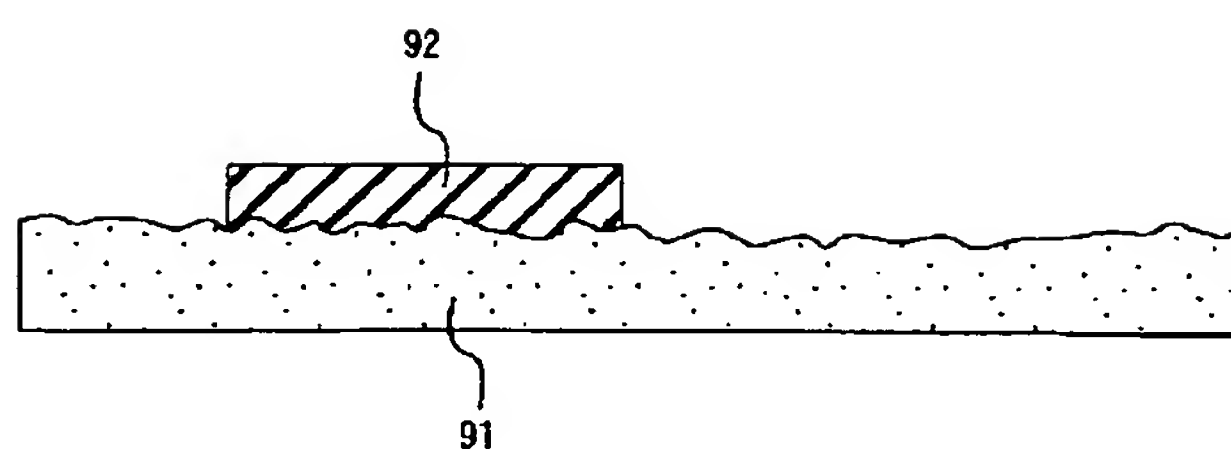
【図13】



【図14】



【図15】



フロントページの続き

Fターム(参考) 4G030 AA44 AA45 AA47 AA50 AA51
 AA52 GA20 HA04 HA07 HA18
 4M106 AA01 DD30 DH44 DJ01
 5F004 BB22 BB26 BB29 BD04 CA04